复合树脂多层美学修复

——基础理论与临床

主编　樊明文



人民卫生出版社

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.com

复合树脂多层美学修复
——基础理论与临床



策划编辑　刘红霞

责任编辑　李常乐　刘红霞

封面设计　代珊珊

版式设计　何美玲

ISBN 978-7-117-14756-9

定　价：86.00 元

销售分类：口腔科学

人民卫生出版社网站：

门户网：www.pmph.com

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

药师、中医师、卫生资格考试培训

微信公众号

口 腔 视 频

微信搜索qzkqsp1即可关注

福利1

关注后可观看正畸、修复、种植等精彩内容

福利2

关注后领取口腔解剖病理学视频讲座全集

福利3

加入视频分享交流群，解答疑难病例，获取更多视频资源

扫二维码，关注公众号
领取更多口腔资料

复合树脂多层美学修复

——基础理论与临床

主编　樊明文

编委　（以姓氏笔画为序）

李继遥　吴补领　余　擎　沈　嵩　陈　智
周学东　凌均棨　高学军　梁景平　樊明文

编者　（以姓氏笔画为序）

于静涛　王　瑶　韦婉荃　方加铄　刘　扬
刘　彦　闫　萍　孙　喆　李继遥　李秋慧
吴补领　余　擎　沈　嵩　宋子元　陈　智
国洪波　周学东　夏文薇　凌均棨　梁景平
葛久禹　谢咏梅　樊明文

人民卫生出版社

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

图书在版编目（CIP）数据

复合树脂多层美学修复：基础理论与临床／樊明文主编．—北京：人民卫生出版社，2011．10
ISBN 978-7-117-14756-9

Ⅰ．①复…　Ⅱ．①樊…　Ⅲ．①牙－树脂基复合材料－修复术
Ⅳ．①R783

中国版本图书馆CIP数据核字（2011）第176039号

门户网：www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网：www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有，侵权必究！

复合树脂多层美学修复——基础理论与临床

主　　编：樊明文
出版发行：人民卫生出版社（中继线 010-59780011）
地　　址：北京市朝阳区潘家园南里19号
邮　　编：100021
E - mail：pmph @ pmph.com
购书热线：010-67605754　010-65264830
　　　　　010-59787586　010-59787592
印　　刷：北京人卫印刷厂（宏达）
经　　销：新华书店
开　　本：787×1092　1/16　印张：12
字　　数：307千字
版　　次：2011年10月第1版　2011年10月第1版第1次印刷
标准书号：ISBN 978-7-117-14756-9/R・14757
定　　价：86.00元

打击盗版举报电话：010-59787491　E-mail：WQ @ pmph.com
（凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

主编简介



樊明文

教授、博导，武汉大学口腔医学院、广州医学院口腔医院名誉院长。中华口腔医学会名誉会长，国家级有突出贡献专家，国家级教学名师，中国医师奖获得者。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

编委简介



李继遥

教授、博导，四川大学华西口腔医学院口腔内科学系主任，牙体牙髓专委会常务委员。



吴补领

教授、博导，南方医科大学口腔医学院院长，南方医院口腔医院院长；中华口腔医学会牙体牙髓专委会常务委员、老年口腔专委会主任委员。



余　擎

教授、博导，第四军医大学口腔医学院牙体牙髓科主任，牙体牙髓专委会常务委员。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

沈　嵩



副主任医师、副教授，硕士生导师，北京大学口腔医学院牙体牙髓科副主任。

陈　智



武汉大学口腔医学院主任医师、教授、博导，中华口腔医学会常务理事，牙体牙髓专委会委员，湖北省口腔医学会副会长。

周学东



教授、博导，四川大学党委副书记、华西口腔医学院(口腔医院)院长，中华口腔医学会副会长，国家级教学名师，中华医师奖获得者，牙体牙髓专委会副主任委员。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



凌均棨

教授、博导，中山大学光华口腔医学院·附属口腔医院院长，牙体牙髓专委会候任主任委员、广东省口腔医学会会长，中华医学奖获得者。



高学军

北京大学口腔医学院牙体牙髓科主任医师、教授、博士生导师，中华口腔医学会牙体牙髓病学专委会主任委员。



梁景平

上海交通大学医学院附属第九人民医院牙体牙髓科主任、主任医师、教授、博导、牙体牙髓专委会前任主任委员。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

序

随着中国口腔事业蒸蒸日上的发展，传统观念里的牙体修复越白、越符合解剖形态就越美的概念，逐渐被自然为美的更高层次的理念所取代。患者对牙体修复已从最初的形态、功能要求发展到了对美学高标准的期冀；与此同时，树脂材料在美学性能方面的发展也达到一定的高度；发达国家多年的口腔修复发展经验及国内权威专家对未来趋势的期许都印证了：复合树脂多层修复技术必将成为口腔内科未来发展最显著的特点。

作为全球财富500强的贺利氏集团下的贺利氏古莎齿科有限公司凭借在全球的技术优势和在中国长期的市场运作，率先在业内推出了“美于自然”理念，陆续举行了理论教育、技术培训及交流活动，希望为中国树脂美容修复技术的发展贡献自己微薄之力。

继《树脂修复经典案例》之后，贺利氏公司再次联合中国牙科界顶尖权威专家，带来《复合树脂多层美学修复——基础理论与临床》一书，为希望走在树脂修复领域前列的中国牙医提供专业、严谨且内容丰富的参考书。相信本书将在推行多层美学修复技术、提升牙医自身价值、带给患者更自然修复效果方面添上极为浓重的一笔，为推动中国口腔事业的发展注入新力量。

借此机会，由衷感谢为本书编著作出卓越贡献的主编樊明文教授、编委李继遥教授、吴补领教授、余擎教授、沈嵩教授、陈智教授、周学东教授、凌均棨教授、高学军教授、梁景平教授（编委按姓氏笔画排序）。并且对所有参与本书编写的老师表示诚挚的谢意。

贺利氏古莎齿科有限公司总裁

Maik Walther

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

前　言

由于复合树脂修复在临床上的应用日益普及，为适应这一领域迅速发展的形势，两年前我国的一批牙体牙髓病学专家编撰了《树脂修复经典案例》一书。该书以病例和图片说明为主，具有很强的操作性，出版后颇受欢迎。随着科学技术的进步，复合树脂材料的改进，更能满足临床上的多方要求，包括各种色泽的搭配、固位性能的改善、粘结强度和抗压强度的增加，目前不仅能满足各种类型前牙修复的要求，而且也能修复后牙缺损，其性能直逼银汞合金修复。

为了让读者进一步深入了解复合树脂的功能，在临床应用中拓宽思路，再次邀请上次编撰经典案例的专家们重新编写了《复合树脂多层美学修复——基础理论与临床》一书。本书对复合树脂进行了全面系统地介绍，包括复合树脂的成分、特征、使用中可能出现的问题；粘接系统与粘接技术；前后牙多层修复的概念、操作步骤；并附有相关病例，力争达到图文并茂、深入浅出的目的。特别是复合树脂多层堆砌技术问世后，使复合树脂修复效果又上了一个新的台阶，无论从美学角度还是从修复体的强度上都超越了以前的材料和技术，使其更加逼真、实用。本书的出版旨在使临床医师更深入地认识与复合树脂相关的基础知识、修复的机制以及发展趋势，为推广正确的复合树脂修复技术提供帮助。

值得一提的是贺利氏公司一直在我国致力于复合树脂材料的研发，为复合树脂修复的推广普及起到推动作用。公司对本书的编撰工作给予了支持与帮助，特别是李静经理全程参与全书设计、编撰与整理，在此表示衷心的感谢！武汉大学口腔医学院刘高霞博士参与本书的整理与校阅，部分病例报告中的临床意义点评由四川大学华西口腔医学院李继遥教授完成，在此对她们的工作一并表示谢意。

希望此书的出版能受到同行们的欢迎，期待听到来自第一线的反馈信息。

武汉大学 樊明文

2011年3月9日

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

目　录

基础理论篇

第一章　概述……3

第一节　复合树脂的演变……3
第二节　复合树脂的分类……4
第三节　复合树脂的成分……5
第四节　复合树脂的特征……7
第五节　复合树脂修复可能出现的问题……8

第二章　色彩学理论……10

第一节　概述……10
第二节　人类的色觉感受……10
第三节　色彩空间——色彩的定量描述……12
第四节　色彩测量和色差分析……21

第三章　色彩方法学……23

第一节　牙齿的色彩关系……23
第二节　比色、选色与比色板……26

第四章　粘结系统分类……33

第一节　粘结系统的发展……33
第二节　粘结系统的分类……36
第三节　粘结技术的临床应用……37
第四节　粘结系统的发展趋势……39

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

第五章 粘结原理和技术 …… 41

第一节 粘结相关的牙体硬组织特性 …… 41

第二节 牙体硬组织的预备和处理 …… 41

第三节 粘结技术 …… 43

第六章 前牙多层修复 …… 47

第一节 概述 …… 47

第二节 前牙直接修复技术的步骤及要点 …… 49

第三节 临床操作注意要点 …… 58

第七章 后牙树脂粘结修复 …… 60

第一节 窝洞制备的要求及特点 …… 60

第二节 后牙直接修复技术的步骤及要点 …… 61

第三节 酸蚀、粘结技术中的若干问题 …… 66

第四节 临床治疗过程应当注意的若干问题 …… 67

第五节 复合树脂后牙直接修复操作指南 …… 70

第八章 光固化技术在复合树脂多层美学修复中的应用 …… 73

第一节 概述 …… 73

第二节 光固化复合树脂固化程度的影响因素 …… 76

第三节 聚合收缩 …… 79

第四节 光固化技术在多层美学修复中的临床应用 …… 83

第九章 修形与抛光 …… 87

第一节 修形与抛光的目的 …… 87

第二节 复合树脂类型对抛光的影响 …… 87

第三节 修形器械与使用 …… 88

第四节 抛光器械与使用 …… 89

第五节 修形与抛光步骤 …… 89

参考文献 …… 92

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

临床病例篇

Ⅰ. 前牙龋齿复合树脂修复（病例Ⅰ-1 ～Ⅰ-6）…… 97
Ⅱ. 前牙复合树脂美学修复（病例Ⅱ-1 ～Ⅱ-3）…… 121
Ⅲ. 前牙外伤复合树脂修复（病例Ⅲ-1 ～Ⅲ-9）…… 134
Ⅳ. 前牙间隙复合树脂修复（病例Ⅳ-1 ～Ⅳ-6）…… 163
Ⅴ. 后牙复合树脂修复（病例Ⅴ-1 ～Ⅴ-2）…… 171

PDG
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

基础理论篇

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

复合树脂多层美学修复
——基础理论与临床

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

1 第一章

概　　述

复合树脂（composites resin）是一类由有机树脂基质（resin matrix）和经过表面处理的无机填料（inorganic filler）以及引发体系（initiating system）组合而成的牙体修复材料。

第一节　复合树脂的演变

20世纪出现的自凝树脂被称为第一代直接充填树脂，但很快发现这类树脂在临床使用过程中性能较差，存在易变色、体积收缩、强度低等不足，限制了其在临床上的应用。20世纪50年代，Buonocore采用磷酸预处理牙面，使复合树脂与釉质表面的粘结性能大为改善。1963年美国学者Bowen获得复合树脂专利，此后在市场上出现的多种牙科复合树脂商品，称为第二代直接充填树脂。但和自凝树脂一样，这种材料仍然存在着抛光性能差、易变色、聚合速度不易控制等缺点。直到20世纪60年代后期和70年代初，相继出现紫外光固化型复合树脂和可见光固化型复合树脂，使复合树脂体系的技术和功能得到很大改善，其临床应用也日趋广泛。

复合树脂在树脂基质、填料、剂型和固化方式等方面经历了不断更新，现在已有多种类型的产品用于临床。即使这类材料有了很大改进，但在使用过程中仍然存在材料强度不足以及体积收缩等缺点，导致临床上出现切缘折断、边缘微渗漏等问题。在1990—2000年间，复合树脂在性能上得到极大改善，其抗压强度系数已逐步达到在后牙使用的水平。现在使用的复合树脂在聚合过程中仅有很小的收缩性，其温度收缩系数亦很微不足道，这样就使其能在临床上大规模应用并与洞壁具有很好的适合性。在复合树脂修复过程中应该严格地遵守操作程序，否则会导致修复失败。复合树脂在操作过程开始时质软如面团状，但一旦接触一定波长的蓝光后便能固化。在操作过程中要保持干燥，否则会影响其粘结性能。光固化复合树脂的光源一般仅能渗透2～3mm，若充填物太厚则光源难以渗透，造成材料聚合不全而仍呈柔软状态并可能进入牙髓，产生牙髓炎症，最终导致牙髓活力丧失。因此对于较深的窝洞只能采取分层充填、层层固化。近期研究资料表明，若充填的复合树脂修复体使患者感觉舒适、美观、结实、咀嚼有力，那么这类充填物一般可维持10年左右。

复合树脂的多层修复，不仅用于后牙，近年来更多地应用于前牙修复。传统的复合树脂技术主要注意外形修复，较少考虑色泽。临床实践发现许多前牙的修复色泽与天然牙相差甚大，有的呈暗褐色，有的呈白垩色。采用复合树脂多层修复技术克服了以前的不足之处。由于新型复合树脂色泽种类很多，加之遮色剂的改进，可以根据牙面色泽的过渡进行多种选择，

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

使修复后的牙面接近天然牙色，修复良好的牙面几乎可以达到乱真的效果。

第二节　复合树脂的分类

自复合树脂问世至今已经历了50年的实践与改进，涉及了复合树脂的组成成分和操作程序。自20世纪60年代开始，有许多分类方法用于临床。根据复合树脂填料、树脂基质、固化方式不同可有不同的分类方法。特别是按填料粒度的分类方法在临床常用。

一、按填料粒度分类

1. 传统型、普通型或大颗粒型复合树脂　传统型（traditional）、普通型（conventional）或称大颗粒型（macrofilled）复合树脂，其填料直径为40 ～ 50μm，综合性能较差。

2. 小颗粒型复合树脂　小颗粒型（small particle）复合树脂，其填料颗粒直径为3 ～ 10μm，常使用二氧化硅微粒填料（silica dioxide microfillers）；性能上优于传统型，但临床效果仍不理想。

3. 超微型复合树脂　超微型（microfilled）复合树脂，其填料直径一般在0.04μm以下，这类复合树脂包括两种亚类：一类材料为纳米级别填料，颗粒直径范围为0.02 ～ 0.07μm，此类材料易于抛光，有良好的美学效果，但强度不足；另一类超微填料复合树脂的填料颗粒直径可大于1μm，这类树脂不易抛光，美观度较差，但是具有高强度。

4. 混合型复合树脂　混合型（hybrids）复合树脂也可分为两个亚类，一类为大小颗粒混合型（with micro- and macro- particles），这种树脂结合了大小颗粒两种类型的填料，但由于其黏性过强，制备时比较困难。另一类为超微混合型复合树脂（microhybrid composites），具有各种大小的填料颗粒，但其直径均小于1μm。目前认为这种复合树脂是近十年来最好的复合树脂材料，具有极佳的美学效果、足够的强度，适合于口腔中任何部位的修复。

5. 纳米填料复合树脂　纳米填料复合树脂（nano composites）其填料颗粒为纳米级别，其中一部分已在聚合前整合嵌入复合树脂中。这类树脂易于操作，具有杰出的美观性能、超强的物理特征，聚合过程中收缩量极小。

二、按固化方式分类

1. 化学固化型（chemical cure）　采用室温条件件的氧化还原引发体系导致树脂聚合固化。

2. 光固化型（light cure）　以光照途径引发树脂聚合固化，可分为紫外光固化型（ultraviolet light cure）和可见光固化型（visible light cure），目前紫外光固化技术已逐渐被临床淘汰。

3. 光-化学固化型（light chemical cure or dual cure）　同时采用氧化还原引发体系和光照射引发树脂聚合固化。

此外，按应用部位的不同可分为前牙和后牙用复合树脂；按剂型又可分为单糊剂、双糊剂和粉液型复合树脂；按使用方式还可分为直接充填（direct filling）和间接修复（indirect restoration）及通用型（general）复合树脂。

复合树脂因组成成分和填料含量变化还可发展其他用途。如具有流动性（flowable）的复合树脂，其填料含量低，颗粒分子小，低黏性，这类树脂可用来做窝沟封闭剂（pit and fissure sealants）、边缘缺损修复（repair of marginal defect）、深洞衬里（liner in deep cavities）以及V类洞的直接修复材料。另一类为包装型复合树脂（packable composites），也称为高密

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

度复合树脂（high-density composites），这类树脂具有较高含量的填料，旨在修复后牙缺损和邻面接触点，在实际应用过程中效果并不理想。

纳米技术也称为分子纳米技术或分子工程，是由0.1～100纳米（nm）级别的功能性材料组成的结构，纳米材料可通过物理和化学方法产生。纳米技术的革命性进展使之成为科技领域中最具活力的学科。

目前利用纳米技术开发的纳米填料复合树脂，能用于口腔中所有部位修复，它们既具有高度的早期抛光性能（polish），又具有优良的抛光维持性（polish retention），同时还具有杰出的机械性能，适用于高强度负荷的修复体。

若干年前开始采用纳米分子和（或）纳米片（nanomeric）、束（nanoclusters）制作纳米复合树脂，该类树脂具有良好的抛光性能，维持光泽时间长久，其生物学特性与超微填料复合树脂相近。临床上常将纳米分子复合树脂作为混合型复合树脂的亚类。

第三节 复合树脂的成分

复合树脂用于牙体缺损的修复，其组成成分常模拟釉质与牙本质组成成分研制。釉质有95%为无机结构（重量），其中90%～92%为羟磷灰石，1%为有机结构，另4%是水。牙本质的无机结构为75%，主要是羟磷灰石晶体；20%为有机成分，其中90%是胶原，另5%是水。这两种天然牙结构中能增强牙齿结构的成分都是羟磷灰石晶体；与天然牙不同，复合树脂中影响其性质的变数是基质和填料的比例，因此在合成牙体修复材料时应充分考虑到基质与填料之比对材料性能的影响。

复合树脂修复材料除了具有树脂基质和无机填料分子外，还有许多其他成分，特别是引发剂，可使复合树脂糊剂由软的、可成形的材料转换为坚硬的修复材料。此外，还有阻聚剂、着色剂、遮色剂，以及防止树脂材料老化的紫外线吸收剂等。

一、树脂基质

牙科复合树脂基质通常使用芳香族（aromatic）和（或）脂族（aliphatic）二甲基丙烯酸酯单体如Bis-GMA、双甲基丙烯酸二缩三乙二醇酯（triethylene glycol dimethacrylate，TEGDMA）、氨基甲酸酯双甲基丙烯酸酯（urethane dimethacrylate，UDMA）的混合物。由于Bis-GMA和UDMA单体黏度太大，不能混入足够的填料，因此需要加入一些低黏度的稀释单体共同组成树脂基质，TEGDMA即发挥这种作用。UDMA、TEGDMA和Bis-GMA是最广泛使用的复合树脂基质成分，它们可在复合树脂和密封剂中形成高度交联的聚合物结构。在聚合期间，单体由聚集的流动分子转化为由交联聚合物链连接而成的坚硬聚合物时会发生收缩。

目前，国外已经上市了新一代复合树脂，全新的基质既确保了结构坚固、超低聚合收缩，又避免了常规基质水解产生BPA所带来的不良效应，并且无需添加稀释单体，此类产品有待进一步关注。

二、填 料

在树脂基质中加入填充材料能极大地改善材料性质，填料分子必须能很好地与基质结合，否则，填料分子不仅不能使树脂增强，还可能使其变得更为脆弱。由于填料分子能否与基质

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

结合具有关键作用，因此使用有效匹配的制剂极为重要。

（一）填料的作用

增加填料分子的目的是改善和增强复合树脂的功能，减少基质使用量。增加填料后，复合树脂的性能得到很大改善。

1. 增强树脂基质的性能，使其硬度、强度增加，磨损减少。
2. 减少树脂聚合过程的收缩，其聚合收缩可以按填料体积的比例得到补偿。虽然各类复合树脂收缩比例不一，但在聚合24小时后的收缩范围通常在1.5% ~ 4%（体积比）之间。
3. 减少温度所致的膨胀与收缩。
4. 由液态单体加填料形成一种糊剂，增加黏稠度，改进其使用特性。
5. 减少水分吸收，材料软化，减少着色。
6. 通过加入锶（Sr）、钡（Ba）玻璃粒子，增加X线阻射，方便诊断。

（二）填料分子

填料分子通常由碾磨石英或玻璃而产生，其分子大小为0.1 ~ 100μm不等。胶状亚微粒分子大小为0.04μm，通过分解或沉淀过程获得。在这些过程中硅成分即$SiCl_4$在氧和氢中燃烧形成微分子链的SiO_2分子，呈胶体状，构成无机填料分子。

填料可影响复合树脂的性能，如填料分子的体积、分布、折射指数（index of refraction）、放射性、硬度等。填料分子大小和分布对复合树脂性能有较大影响。很显然，若填料分子为均等大小，分子间势必形成较大间隙，这些间隙可以被小颗粒分子填充。无机填料分子按体积计算占复合树脂的30% ~ 70%，按重量计算占35% ~ 85%。填料在树脂中的加入量主要受填料表面积和粒度大小的影响，填料越细，表面积越大，加入量相对减少。

三、引　发　剂

通过增加自由基（free radical）可引发单甲基丙烯酸（monomethacrylate）和二甲基丙烯酸单体聚合。自由基可通过化学激活或外源能量激活，或二者兼有之。

（一）化学激活树脂

化学激活丙烯酸树脂一般为双糊剂型，其中之一含有过氧化苯甲酰（benzoyl peroxide, BP）引发剂，另一个含有芳香型叔胺（aromatic tertiary amine）激活剂。BP与胺反应形成自由基，引发聚合过程。

（二）光激活树脂

初期的光固化系统采用紫外光引发自由基释放，目前紫外光聚合复合树脂已被可见蓝光激活系统（visible blue-light-activated system）所替代，后者极大地改进了聚合深度，并可控制工作时间。由于可见光激活复合树脂具有很多优点，因此在临床上已广泛采用。其剂型一般为单支的光固化复合树脂糊剂，自由基引发系统中含有光敏感剂（photosensitizer）和一种胺引发剂，都在复合树脂糊剂中。这两种材料在不接触光的前提下二者不发生反应，一旦接触亮光后（波长468μm）光敏剂处于兴奋状态，与胺起作用产生自由基，引发聚合反应。

四、阻　聚　剂

在树脂系统中加入阻聚剂旨在减少或阻止单体的自发性聚合或偶发性聚合过程，阻聚剂具有强大的与自由基反应的能力。若有自由基形成，如当材料接触室内灯光时，很快就有自由基形成，此时阻聚剂能迅速与自由基反应，其速度超过自由基与单体反应。这就使自由基

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

在引发聚合过程前就能通过终止反应而阻止反应链的扩增。最常用的阻聚剂是二叔丁基对甲苯酚（bytylated hydroxytoluene, BHT）。

五、视觉调整剂

复合树脂修复后的牙面，必须具有与相应天然牙相近似的色泽和透明度，需通过各种类型的着色剂(pigment)和遮色剂(opacifier)来实现。这些着色剂是由少量金属氧化物分子构成，经其调整后使复合树脂修复体更接近釉质和牙本质的色泽和透明度，更接近天然牙。

第四节 复合树脂的特征

各类复合树脂具有不同的特征，包括物理性能、机械性能和化学性能。

一、传统型复合树脂

传统型复合树脂（traditional composites）具有较大颗粒的填料分子，这类复合树脂于20世纪70年代问世，此后得到不断改进。又称为普通型复合树脂（conventional composites）或大颗粒型复合树脂（macrofilled composites）。

该类树脂与甲基丙烯酸材料相比较，最大的差别是后者无填充料。有填充料的复合树脂由于应力向填充料转移，其强度较甲基丙烯酸材料提高了3～5倍，弹性模量（elastic modulus）增加4～6倍，张力强度增加1倍。同时，其水溶性、聚合收缩、热膨胀系数均有大幅度降低。尽管如此，这类复合树脂的特征仍然远离临床要求，近年来基本不在临床使用。

二、小颗粒填料复合树脂

为了改进树脂表面的平滑度，并获得良好的物理和机械性能，将填料分子大小碾磨至0.5～3μm，形成小颗粒填料复合树脂。这种树脂其填料分布均衡，填料分子大小相近，使填料容量增加，可达到树脂重量的80%～90%和体积的65%～77%，适用于后牙修复。

复合树脂一般以硅（silicon）作为填料，但大多加有一些玻璃粒子（glasses），内含少量重金属，使其具有阻射性，可进行X线检查。这类树脂具有良好的物理和机械性能，使树脂的相关特性普遍得以改进和提高，如抗压强度、弹性模量均优于传统型和超微填料复合树脂。张力强度是超微填料复合树脂的2倍。温度膨胀系数低于其他级别的树脂，尽管如此，其热膨胀系数仍为牙齿的2倍。这类树脂的抗磨损能力较强，聚合过程的收缩亦下降。

三、超微填料复合树脂

超微填料复合树脂（microfilled composites）与前两类树脂比较，通过使用胶体状硅分子作为无机填料，克服了复合树脂表面粗糙和低透明度的问题。其填料分子可小至0.04μm即40nm，是可见光波长的1/10，比传统型复合树脂填料分子小200～300倍，使复合树脂表面更为光滑，但其物理和机械性能较传统型复合树脂差，具有较大的水吸收性、较高的热膨胀系数、较低的弹性模量。此外，被聚合的分子粘结强度弱，故在临床上张力强度较差，较易折断。不过超微填料复合树脂仍然具有较强的磨损抗性。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

四、混合型复合树脂

开发混合型复合树脂的目的是希望该材料既拥有比小分子填料复合树脂更为优越的表面光滑度，同时又继续这种材料的一些优越性能。顾名思义，混合型复合树脂含有两类填料分子，现代混合型复合树脂由胶状硅和碾磨加工的含重金属材料的玻璃粒子构成。玻璃粒子的平均颗粒大小为0.4 ~ 1.0μm，胶状硅分子占10% ~ 26%（重量）。这类复合树脂具有较好的物理和机械性能，还能阻射X射线，有助于继发龋的诊断。

五、纳米复合树脂

近年来含有纳米分子（nanoparticles）的纳米复合树脂（nanocomposites）已有不少报告。纳米复合树脂是一种多相固体材料，在三维尺寸中有一个尺寸小于100nm则可称为纳米材料。根据其填料的不同又可分为陶瓷材料、金属材料、聚合物材料等纳米复合树脂。陶瓷纳米复合树脂含有氧化物、氮化物、硅等。此外，还可含有一些金属成分。金属纳米复合树脂则含有一些金属氧化物如氧化锆、氧化钛以及铝等。聚合物复合树脂则含有一些纳米纤维、碳纳米管等。

目前研究认为纳米复合树脂的抛光性能已获得极大改进，能长期保持色彩和光泽，并具有较好的抗磨损性。在离体和活体研究中其生物学性能类似于混合型复合树脂，所以有些学者认为纳米复合树脂仅能作为混合型复合树脂的一种亚类。

六、可流动复合树脂

可流动复合树脂（flowable composites）是在水分子复合树脂和混合型复合树脂的基础上改进而成，该树脂减少了填料分子含量，使其易于流动，均匀扩散，与窝洞密切接触。但这类树脂抗磨损能力差，主要应用于少磨损的区域或作为窝沟封闭剂使用。

七、后牙直接修复复合树脂

由于银汞合金修复存在着美观和汞的潜在毒性等问题，临床医生目前更倾向于使用复合树脂修复。用于后牙直接修复的复合树脂于20世纪90年代问世，又称为可挤压型（packable）和可压型（condensable）复合树脂，其应用技术类似于银汞合金充填技术。其填充料为长纤维状分子，长度约100μm，表面有纹理，能在内部锁结，阻止充填物流动。因为未聚合的树脂质地较稠，使充填物不易坍塌，可使用充填器挤压成型。

第五节　复合树脂修复可能出现的问题

一、边缘微渗漏

当窝洞制备后的龈缘位于牙本质或牙骨质时，树脂会牢固地锚定在其余边缘的釉质上。在树脂凝固过程中，由于聚合过程收缩力的作用，树脂边缘因牵拉力的作用导致有缝隙形成，其结果可能产生边缘微渗漏、色素沉着。复合树脂聚合过程中的收缩导致的边缘微渗漏，常使致病菌在此生长繁殖，可导致继发性龋，甚或引起牙髓炎症。因此在修复过程中应特别注意聚合过程的收缩和边缘微渗漏。

PDG
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

对于Ⅱ类洞和Ⅴ类洞的修复更是如此。应注意保持牙本质-树脂、牙骨质-树脂界面的完整性，注意使用牙本质粘结剂。

二、体积收缩与膨胀

在复合树脂聚合过程中可产生一定的体积收缩(shrinkage)，其收缩率可达到1.7%～3.7%，聚合过程中体积收缩的结果很可能使充填后的复合树脂产生边缘微渗漏，继而形成继发龋或充填物脱落。复合树脂遇温度改变时也具有膨胀性，其膨胀系数大于天然牙。复合树脂的膨胀系数与填料分子大小、填料含量有关。膨胀系数的差异也是造成复合树脂修复体边缘不密合、产生继发龋或充填物脱落的重要因素。

三、磨 耗

磨耗（wear）是除了聚合过程产生收缩以外的另一个常见的临床问题，该问题涉及的机制较为复杂。因为有关磨损（abrasion）和磨耗（wear）抗性的研究只能在实验室完成，对临床结果难以进行观察和预测。临床上可以使用的评价方法只能通过材料硬度检测和临床使用寿命进行观察，基于这样设计的研究发现，与天然牙相比，每年磨耗率的差异为10～20μm/年，但若按10年计算，后牙复合树脂的磨耗较天然牙多0.1～0.2mm，这将严重影响咬合关系，还可能造成颞下颌关节损伤，所以在临床上应引起高度关注。

关于复合树脂的磨耗机制，目前有两种解释，其一为双体磨耗（two-body wear）即修复体与对颌牙的密切接触或邻面之间的接触造成的磨耗，在一个小的区域可产生很强的应力。第二种解释是食物团块造成的磨耗，即三体接触造成的磨耗（three-body wear），这类磨耗受到复合树脂特性的调控，如树脂的强度、多孔结构、密封剂的稳定性、单体转化的程度、填充料含量和填料分子大小等。此外，患者的咀嚼习惯、咀嚼水平、口腔环境变化在磨耗过程中也起到重要作用。

在临床上，牙与牙之间接触导致的材料丢失大于食物咀嚼过程中造成的材料磨耗。

四、复合树脂的生物相容性

牙体修复材料的生物相容性通常是指该材料对牙髓的影响，包括两个方面：其一指该材料天然存在的化学毒性；其二是口腔液体的边缘微渗漏。

若复合树脂有关成分浸出和扩散，可能会对牙髓造成伤害。复合树脂正常聚合过程具有较好的生物相容性，因为其溶解性低，且未经反应的材料量很少，一般不会导致毒性反应。但从免疫学观点看，极少的材料也可导致少数人产生过敏反应。

若复合树脂聚合反应不全，某些有害成分可向髓室扩散，从而引起牙髓的慢性炎症。特别是光固化聚合不全时，更易导致牙髓炎症。

（武汉大学口腔医学院 樊明文）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

2 第二章

色彩学理论

第一节 概 述

我们每个人时时刻刻都与色彩发生着密切的关系，它渗透到我们日常工作和生活的各个方面，几乎无所不包、无时不在，是一种最普遍的审美形式。色彩与口腔医学有着格外密切的关系，在牙体修复尤其是前牙美学修复过程中，对于牙齿色彩的描述和分析，以及如何通过修复体模拟和再现牙齿的色彩是每个临床医生都关注的重点问题。

色彩理论涉及光与色彩的定量测量和记录、不同模式之间的转换、不同色彩之间的分析和比较以及对色彩的精确还原等各个环节的基础理论知识，也涉及人对色彩的生理和心理反应特点，牙体修复临床医生掌握一定的色彩学基本理论和知识会有助于临床修复技术的提高。

第二节 人类的色觉感受

一、光与色彩

人类生活的地球之所以呈现出斑斓的色彩完全依赖于光的作用。光是作用于人眼并引起明亮视觉的电磁辐射，而色彩则是光作用于人眼引起除形象以外的视觉特性（国家标准GB5698-85定义），也是光的辐射能刺激视网膜而引起观察者通过视觉而获得的景象（美国光学学会色度学委员会定义）。光是色彩的先决条件。

太阳是地球最大的光源，太阳光照射到地球并赋予我们一个多彩的世界。可见光是连续电磁波谱中肉眼可见的部分波长和频率的电磁波，其波长范围是380～780nm，频率范围是750～430THz，不同波长和频率的电磁波呈现出不同的色彩（表2-1）。

表2-1　可见光的波长和频率

颜色	波长	代表波长	频率
红色	约625～740nm	700nm	约480～405THz
橙色	约590～625nm	620nm	约510～480THz
黄色	约565～590nm	580nm	约530～510THz
绿色	约500～565nm	550nm	约600～530THz
青色	约485～500nm	500nm	约620～600THz
蓝色	约440～485nm	470nm	约680～620THz
紫色	约380～440nm	420nm	约790～680THz

PDG
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

人眼可见的光既可以是由发光体发出的发射光，也可以是物体表面受到发射光照射后反射出来的反射光。可见光在人肉眼看起来呈一条由紫到红的彩色光带（图2-1），紫光以外比紫光波长还小的电磁波是紫外线，红光以外比红光波长更大的电磁波是红外线，紫外线和红外线均是人眼不可见的电磁波。

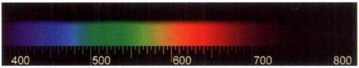


图2-1 可见光谱

二、人眼对色彩的感知

色彩是人眼将光刺激产生的视觉信息传到大脑视觉中枢而产生的一种反应。人类感知色彩有三个基本条件，即光源、发光体或光照射的对象以及视觉器官及大脑。

人眼是色彩的感受器，人每一个眼球的视网膜上约有10亿个视杆细胞和约6百万个视锥细胞。视杆细胞负责感知光线的明暗程度（即黑白程度），灵敏度非常高，能够分辨物体上极微小的亮度差别，也是辨识物体层次的主要机制。但是，视杆细胞不能分辨色彩。人眼负责感知和分辨色彩的是另一种视细胞——视锥细胞。人类有3种不同的视锥细胞，分别感知三种波长的电磁波，亦即感知三种不同的颜色，分别为565nm波长附近的红色、535nm波长附近的绿色和420nm波长附近的蓝色。视锥细胞的灵敏度较低，尤其是在亮度很弱的情况下，视锥细胞不能发挥作用，只有视杆细胞发挥作用，所以在这种条件下物体看起来都是没有色彩的灰白色。

视细胞在受到某种颜色的光刺激时，会同时释放出两种信号，一种是接收到的颜色信号，另一种则是发出抑制这种颜色的补色的信号，如接受红光的刺激，会传递出红色信号，同时会发出抑制红色的补色绿色的信号。因此，如果我们长时间注视一种颜色时，当我们把目光移开后就会在别的地方看到这种颜色的补色，这是颜色的互补原理。这个现象提示我们，在临床比色时医生的双眼最好时常注视一块灰色的背景使眼睛得到休息，因为只有灰颜色是没有补色的，所以不会因为长时间看某一颜色的背景后，观察牙齿进行比色时发生互补色现象而影响到比色的准确性。

视锥细胞感知的色彩信息在传递到中枢神经系统前，先在神经节细胞中被整合成“黄-蓝”和“红-绿”两个颜色通道，每一颜色通道中的色彩信息是同时出现的，如果颜色通道发生缺陷，则这一颜色通道中的颜色信息均会受损，如“红-绿”颜色通道发生缺陷会造成红、绿色彩信息不全，表现为红绿色弱或色盲。上述两个颜色通道中的色彩信息连同视锥细胞感受到的亮度信息一起进入中枢神经系统后产生完整的色彩信息（图2-2）。

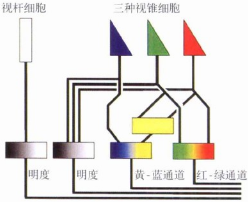


图2-2 人眼色彩感知示意图

人对色彩的感知还受到一些生理现象的影

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

响，如中性混色（也叫生理混色）现象，是指人在观察相距很近的两个颜色不同的小色块时，因为人眼分辨率的限制，两个并非真的混合的色块在人的视觉内发生混合的现象；再如扩展现象，指如果在相邻的颜色区域间同时观察时，眼睛会非自主的在两个颜色区域间徘徊，使看到的颜色是二者颜色的结合；另外还有视觉暂留现象，是指视觉会保持约1/10秒的时间才消失，正因为人有视觉暂留现象才使我们可以看到动态的画面。

人对色彩的感知还会受到环境条件的影响，物体的色彩会随着环境的变化而变化，从而影响到人对色彩的感知。人的精神心理作用也会对色彩的感知产生影响，使得色彩与特定的感觉和情感发生关联，其间既有群体文化背景的因素，也有每个人的个体独特体验。色彩也能够传达情感，反过来影响精神。

综上所述，人眼对所看到的物体的亮度变化非常敏感，而对物体颜色的细微差别则不容易分辨，而且对色彩的感知还会受到精神心理因素的影响。基于以上特性，在临床比色和选色时应先按照患牙的明度值，选择与其明度相匹配的材料，然后再选定与患牙色相相匹配的颜色，同时还要考虑到其他的临床因素，最终选定一个合适的修复材料。对事物的感觉会成为人们看事物的一个基础，因此，医生对牙齿色彩的感觉会影响最终的美学修复效果。

第三节　色彩空间——色彩的定量描述

一、基本概念

来自太阳的自然光看上去呈白光，但白色的自然光通过三棱镜后可以分解为一条由紫到红的五彩条带（图2-1），证明白色的自然光并不是单一色彩的纯色光，而是由多种颜色的单色光复合而成，其中每一特定波长和频率的电磁波呈现一种特定的色彩，而一组不同波长和频率电磁波混合后呈现为白光。

光源和色温：能够自行发光的物体叫做光源。光源可分为自然光源和人造光源。自然光源的最大来源是太阳，人造光源则包括各种电光源和热辐射光源，牙科综合治疗台的手术照明灯是口腔诊疗过程中最常用的人造光源。自然光源的光色会因自然环境的变化而不断变化，而人造光源的光色（如照明灯光源等）则相对比较稳定。色温是描述光源光色变化的单位，色温用绝对温度“开尔文（K）”表示，其值等于摄氏温度加273。表2-2中列出了部分自然光源与人造光源的色温。

表2-2　部分自然光源和人造光源的色温

光源	色温（K）	光源	色温（K）
晴朗蓝天	10000	荧光灯	6500
晴天遮荫下	9000	氙气灯	5600
朦胧天色时	8000	闪光灯	5000
阴天室外光	7000	白色冷光灯	4500
晴天日光	6000	暖色荧光灯	3500
中午直射日光	5550	石英灯	3300
45°斜射日光	4800	60W白炽灯泡	2500
下午阳光	4000	烛光	1000

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

三原色光：红、绿、蓝三种颜色的光不能被分解为其他颜色的光，也不能由混合其他颜色的光而得到，称作三原色光。三原色光的波长分别为：红光700.0nm，绿光546.1nm，蓝光435.8nm。人类眼睛视网膜上的3种视锥细胞对应地感应红色光、绿色光和蓝色光。

三色刺激测量系统（tristimulus measuring system）：人类眼睛的3种视锥细胞是能够分别感受红色光（长波长）、绿色光（中波长）和蓝色光（短波长）的感受器，理论上只要采集红、绿、蓝3个参数就能描述一种色彩感觉。如果某一色彩和另一按不同比例混合3种原色所形成的色彩看起来相同，则构成这一色彩的3种原色的比例称作该色彩的三色刺激值。

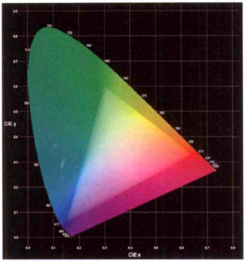


图2-3　CIE 1931 XYZ色彩空间呈倒U形，其内部三角形的三个顶点为三原色光在色彩空间中的位置

色彩空间（color space）：是指将一种色彩与三个数构成的坐标（或三色刺激值）相关联的方法。色彩空间所描述的全部色彩的范围叫做色域。CIE 1931 XYZ色彩空间（图2-3）就是以测量三色刺激值（分别标为X、Y和Z）来定位色彩在色彩空间中的位置而构建的。在这个色彩空间中，色彩的三维坐标值并非人类眼睛对红、绿、蓝色彩的直接反应，而是一组三色刺激值经色彩匹配函数计算出来的参数值。CIE 1931 XYZ色彩空间是基于人类对颜色的视觉反应测定的，它是定义其他色彩空间的基础。CIE 1976 L*a*b*是由CIE 1931 XYZ发展而来的另一个色彩空间，其定义的色域几乎覆盖了人眼所见色彩的全部范围。

异谱同色（metamerism）：分别由多种不同波长的光按不同比例混合而成的两个光源，可以表现出同样的颜色，叫做异谱同色。异谱同色现象对牙体修复的临床意义在于，选色时要注意光源的选择。在综合治疗台照明灯下所选修复材料的色彩看起来与牙齿匹配较好，但在阳光下其色彩则可能与牙齿色彩有较大差异，这是因为照明灯光和阳光有着不一样的波长分布造成的。由于相同颜色的修复材料在不同的光源下观察会使人产生不同的色彩感觉，而在日光光源下材料显现的色彩才是最准确的，因此，选色时应尽量在自然光照明条件下进行才能使所选材料的色彩与牙齿更匹配。

色彩的三要素：色相（hue），是指颜色的基本样貌，是颜色间彼此区别的最基本特征，是颜色质的区别，从物理学角度来理解的话，是指色彩的主波长；彩度（chroma），是指色彩的饱和度或纯度，一种色彩中混入的灰色或黑色越多，彩度就越低；明度（value），是指色彩的亮度在人们视觉上的反映，物体反射出的入射光的量越多，人感觉到的色彩的明度就越高。明度是从人的主观感觉来说明色彩的性质。

从可考的历史记载中得知，人类对于光与色彩的讨论最早可以追溯到公元前1世纪。但是，在光学物理真正发展起来之前，精确地定量描述一个色彩是一件十分困难的事情。日常生活中人们常用比照的方法描述颜色，如杏黄色、天蓝色、翠绿色等等，这种带有文学色彩的描述方法虽然比较形象易懂，但缺乏统一的标准，也无法精确定量和数字化，因此，当遇到需

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

要复制一种色彩的情况时，很难准确地将所描述的色彩再现出来。

随着物理学特别是光学物理的发展，定量描述色彩的方法不断被提出。最早的系统化的定量色彩描述方法出现于19世纪末，最具代表性并一直沿用至今的一套色彩描述系统是孟塞尔色彩系统。

从20世纪初开始，数字化图像技术逐渐发展起来，陆续出现了一些能够定量描述数字化图像的色彩系统，包括RGB色彩空间、CMY（或CMYK）色彩空间以及CIE L*a*b*色彩空间等，它们分别应用于不同领域中的对色彩的记录、分析、管理和还原。

二、孟塞尔色彩系统（Munsell color system）

孟塞尔色彩系统是美国画家阿尔伯特·孟塞尔（Albert H. Munsell）（1858—1918）（图2-4）在1898年提出的色彩量化描述系统，至今仍被广泛应用于印刷、染色和摄影等与色彩密切相关的领域。

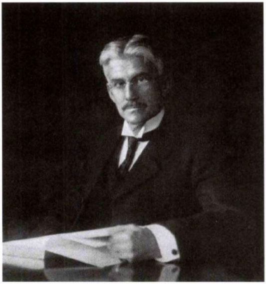


图2-4 阿尔伯特·孟塞尔（1858—1918）

根据孟塞尔色彩系统构成的色彩空间类似一个圆柱体，由色相、明度和彩度三个指标来定义色彩空间中的某一点（图2-5）。首先，由5种主色红（R）、黄（Y）、绿（G）、蓝（B）和紫（P），以及5种主色之间的中间色红黄（YR）、黄绿（GY）、绿蓝（BG）、蓝紫（PB）、紫红（RP）构成一个色相环，这10种色彩将色相环均分，然后，每相邻的两个颜色位置之间再均分10份，这样色相环共分为100份。其次，明度轴位于色相环中心并垂直于色相环平面，由低到高分为10级，1级为全黑，10级为全白。最后，彩度值是由色相环中心处由0向外逐渐增加，理论上是没有上限值的，一般色彩的彩度实际上限为10左右，而具有反光或荧光特性的材料的彩度值则可高达30。将所有色彩描绘在一起后就构成了孟塞尔色立体（图2-6）。

根据色相值、明度值和彩度值就可以将一个色彩定位于孟塞尔色彩系统色彩空间中（图

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

2-7)。例如色彩5R 6/8是指正红色（5R），其明度为6，彩度为8，色彩5BG 5/10是指蓝绿色（5BG），其明度为5，彩度为10。需要指出的是，由于人眼对每一色彩的敏感度是不一致的，因此，每一彩度与每个色相和明度组合不一定都能相匹配。



图2-5 孟塞尔色彩系统

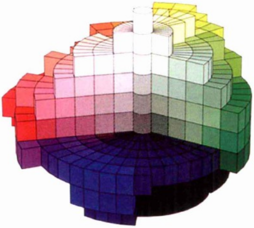


图2-6 孟塞尔立体

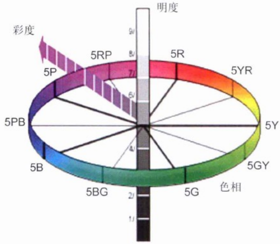


图2-7 孟塞尔色彩系统中颜色的定位

三、RGB色彩空间（RGB color space）

即三原色光模式，又叫做RGB颜色模型（RGB color model）或红绿蓝颜色模型（图2-8）。RGB色彩空间可以说明由发光体发出的各种发射光，通过何种比例混合来产生各种色彩。其中RGB代表红、绿、蓝的缩写，R为红光（Red），G为绿光（Green），B为蓝光（Blue）。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

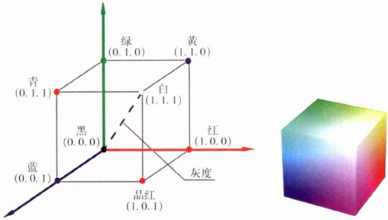


图2-8　RGB色彩空间的构成及其色立体

RGB色彩空间遵循加法混色模式，即除三原色光以外的其他色彩均是经三原色光的叠加而形成的。三原色发射光（红光、绿光和蓝光）以适当的强度混合相加可以得到白色光，而每两个原色光等量混合分别可以得到青、黄和品红色（图2-9），改变每个原色光的比例，则可以得到各种不同的颜色（图2-10）。一对互补的色光混合后可以得到白色光（图2-11）。因此，RGB色彩空间遵循的是加光混色的模式。RGB色彩空间常用于如影视、电脑显示器等涉及发射光混色的行业。

四、CMYK色彩空间（CMYK color space）

与影视等行业涉及发射光混色的RGB色彩空间不同，印刷、美术、印染等行业涉及的多是反射光的混色，是另一种色彩空间模式，即四分色色彩系统（CMY color system或CMYK color system）(图2-12)。其中CMY分别代表了色料三原色——青色（cyan）、品红色（magenta）

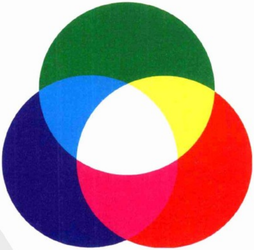


图2-9　RGB色彩空间的加光混合

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

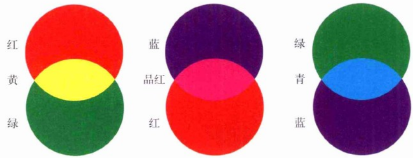


图2-10 三原色光两两混合分别得到黄色、品红色和青色



图2-11 一对互补的色光混合后呈现白色

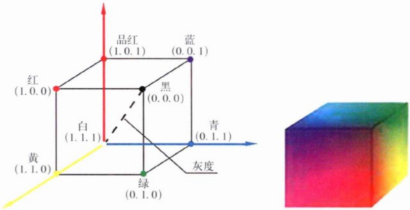


图2-12 CMYK色彩空间的构成及其色立体

和黄色（yellow），而K则是黑色（black）的缩写，为了区分蓝色（blue）的缩写B，这里的黑色以K作为代表。

CMYK色彩空间遵循减法混色原理，即光线照射到某个物体表面时，被物体吸收的光被减去，物体则呈现出所有反射光的混合色。例如：如果所有的光都被吸收而没有光反射，则物体呈现黑色；如果所有的光都没有被吸收而是全部反射出来，则物体呈现白色。如果物体只反射红光而吸收其他色光，则物体呈现红色；如果物体只反射绿光而吸收其他色光，则物

PDG
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

体呈现绿色；如果物体只反射蓝光而吸收其他色光，则物体呈蓝色。物体如果只吸收红光而反射其他色光，则物体呈现红光的补色青色；如果物体只吸收绿光而反射其他色光，则物体呈现绿光的补色品红色；如果物体只吸收蓝光而反射其他色光，则物体呈现蓝光的补色黄色（图2-13）。

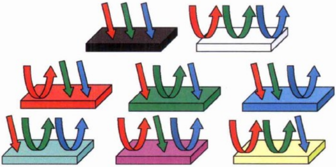


图2-13 CMYK色彩空间的减法混色原理（沈嵩 绘）

色料三原色青色（C）、品红色（M）和黄色（Y）以不同比例互相混合后可以调出其他颜色（图2-14）。如黄色与青色等比混合可以产生绿色，黄色与品红色等比混合可以产生红色，品红色与青色等比混合可以产生蓝色（图2-15）等。理论上三种原色等量相加后可以得到黑色，一对互补的原色色料等比混合也可以得到黑色（图2-16），但实际应用中因为原色颜料或油墨的纯度等原因，三种原色色料以等比例混合时常常变成灰色，若增加三原色的饱和度至最大并且等比混合往往呈现的是浊褐色，很难做到用三原色色料混合出非常纯的黑色，而且，使用三原色色料混合得到黑色的成本也会较高。因此，在CMY色彩系统的基础之上增加一个黑色（K）就成为CMYK四色色彩系统。这样，需要纯黑颜色时就直接使用黑色颜料或油墨，

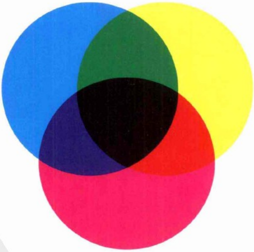


图2-14 CMY（CMYK）色彩空间的减法混色

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

而且，有些颜色可以用一部分黑色来取代某种比例的青色、品红色和黄色，可以节省三原色纯色颜料或油墨的用量，降低成本。CMYK色彩空间主要应用于描述反射光混色后得到的色彩，在印刷、美术、平面设计、打印机、纺织印染等行业中广泛应用。口腔医学中涉及的牙齿色彩的呈现原理也适用于这一色彩系统。



图2-15　三原色色料两两混合分别得到红色、蓝色和绿色



图2-16　一对颜色互补的色料混合后呈现黑色

五、CIE 1976 L*a*b*（CIE L*a*b*、CIELAB）色彩空间系统

CIE 1976 L*a*b*色彩系统是国际照明委员会（Commission Internationale d'Eclairage, CIE）在1976年颁布的一个色彩空间体系，由明度（L*）和a*、b*两个色彩通道构成的三维立体色彩空间，其中，明度轴（L*）由0到100分级，L* 0为黑色，L* 100为白色；红绿色轴（a*）由－120到＋120分级，－a*为绿色，＋a*为红色；黄蓝色轴（b*）也由－120到＋120分级，－b*为蓝色，＋b*为黄色（图2-17）。CIE 1976 L*a*b*色彩系统是目前唯一既能直观感觉，又能以参数描述的色彩模式。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

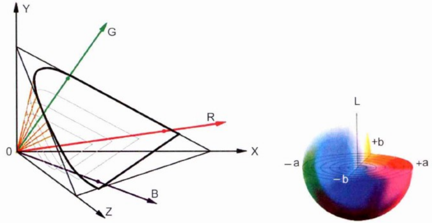


图2-17　CIE 1976 L*a*b* 色彩空间的构成及其色立体

RGB、CMYK和CIE 1976 L*a*b* 三个色彩空间的色域是有差别的（图2-18），CIE 1976 L*a*b* 色彩系统的色域与人眼所能观察到的颜色范围基本一致，RGB和CMYK色彩系统的色域较CIE 1976 L*a*b* 色彩系统的色域小，RGB系统是显示设备（如显示器等）所能还原的颜色范围，CMYK系统则是色料（如颜料、油墨等）所能还原的颜色范围。

与RGB和CMYK色彩空间不同，CIE 1976 L*a*b* 色彩系统能客观准确地描述、传递、管理与复制色彩，是一种不依赖于任何设备的独立色彩空间，相反，RGB系统需要依赖于显示设备，而CMYK系统则需要依赖于颜料或油墨等材料。

RGB、CMYK和CIE 1976 L*a*b* 三种色彩空间均可以数字化定量地描述色彩，在某一色彩空间中定义的色彩坐标，通过数学计算可以转换为其他色彩空间的相应色彩坐标。在色彩空间之间进行转换时，例如RGB与CMYK之间的相互转换，通过CIE 1976 L*a*b* 色彩空间的中介能实现不同特性的色彩空间系统间色彩的一致性。

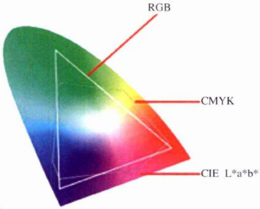


图2-18　CIE L*a*b*、RGB及CMYK色彩空间的色域比较

PDG
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

六、其他色彩空间系统

HSV（或HSB）色彩空间：

HSV（hue、saturation、value，色相、饱和度、明度）色彩空间，也称HSB（hue、saturation、brightness）色彩空间，是用色相、饱和度和明（亮）度三个相互独立而互不影响的色彩属性来定义色彩的系统，其本质是RGB色彩空间的一种变形，它的内容和色彩尺度与RGB色彩空间有着密切的联系（图2-19）。

HSV色彩系统在描述色彩时较符合人的视觉理解习惯，是艺术家们常用的色彩空间，因为与RGB系统的加法混色或CMYK系统的减法混色的术语相比，在艺术创作中使用色相、饱和度和亮度等概念来描述色彩显得更加自然和直观，也便于艺术家快速选择和调整色彩。

HSL（HLS，HIS）色彩空间：

HSL（hue、saturation、lightness/luminance，色相、饱和度、亮度）色彩空间，也称HLS（hue、lightness/luminance、saturation）或HIS（hue、intensity、saturation）色彩空间，它与HSV非常相似，仅用亮度（lightness）替代了明度（value），二者的区别在于，一种纯色的明度等于白色的明度，而纯色的亮度等于中度灰色的亮度（图2-20）。

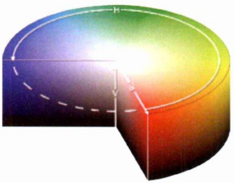


图2-19 HSV色彩空间

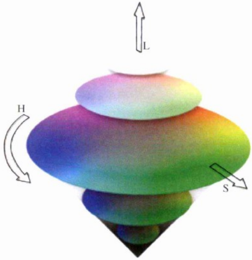


图2-20 HSL色彩空间

第四节 色彩测量和色差分析

对色彩的测量可以通过测量物体表面所反射的光的波长分布来确定该物体的色彩，得到了物体的明度、红绿度和黄蓝度（L*、a*和b*）即可以将该色彩定位于三维立体色彩空间中。

色差是指色彩的差异。色彩空间中的任意两个色彩，如（L_1*，a_1*，b_1*）和（L_2*，a_2*，b_2*）之间的色差（ΔE），就是二者在三维色彩空间中的几何距离，其计算公式是：

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

其中：ΔE^*ab 为两个色彩（L_1^*，a_1^*，b_1^*）和（L_2^*，a_2^*，b_2^*）的色差，L为亮度值，a是红绿色彩通道值，b是黄蓝色彩通道值

在比较两个色彩时，可以用计算色差的方法来描述色彩之间的差异，同时，不同级别的色差和人的感觉也有一定的对应关系（表2-3）。一般来说，如果两个色彩的色差值低于3，则其差异很难用肉眼识别出来。

表2-3　色差及人对色差的感觉

色差（ΔE）	色差程度	人的感觉
0.0～0.5	微小色差	极微（trave）
0.5～1.5	小色差	轻微（slight）
1.5～3.0	较小色差	明显（noticeable）
3.0～6.0	较大色差	很明显（appreciable）
＞6.0	大色差	强烈（much）

利用数学计算的方法可以定量测量一个样本的色彩与标准色彩之间的差异。在牙齿修复中应用的一个例子是，电子比色仪的原理就是利用采集到的牙齿的色彩参数，与数据库中预置的标准比色板的色彩参数进行比较，计算色差（ΔE）值，从而帮助临床医生更准确地选择与参照牙齿相匹配的修复材料。

（北京大学口腔医学院　沈　嵩）

PDG

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

3 第三章

色彩方法学

色彩方法学与透视学、艺术解剖学一起成为美术的基础理论。作为色彩学研究基础的主要是光学，其次涉及心理物理学、生理学、医学、心理学、美学与艺术理论等多门学科。因此它的产生和发展与这些学科有关，而色彩学研究的成果又为这些学科提供材料。可以说，色彩的研究是建立在自然科学基础上的，也是口腔医学美学中不可缺少的一部分。以前牙科色彩方面的研究仅限于实验室的理论性研究，研究的客观性和精确性较差。伴随现代高科技的发展，目前牙科色彩学的研究与应用开发，已有了长足的发展。电脑化色彩测配系统，它消除了人肉眼比色的主观性和误差，并且将色彩数值化，使配色更易操作。还有采用比色仪，测定不同性别、不同年龄和不同牙齿的颜色，了解和分析牙齿颜色的变化规律。

第一节　牙齿的色彩关系

人类应用色彩的历史，比使用语言的历史要久远得多。古代人认为，色彩是神秘的，为魔力的象征，同时在宗教上也具有神圣的地位。人类制作颜料是从动物油脂与泥土的偶然混合开始的，后逐渐以蛋清、蜡、亚麻油、树胶、酪素和丙烯聚合剂等作为颜料结合剂。在古代中国、印度、埃及、美索不达米亚，颜料多用在家具、建筑内部、服装、雕像等装饰上。直到17世纪中叶，英国物理学家牛顿发现了棱镜折射和开普勒现象，其奠定的近代实验光学为色彩学提供了科学依据，从此揭开了色彩的神秘面纱。1931年Clark提出牙齿修复学中的颜色问题后，学者们一直致力于天然牙颜色特征的分析和测量，从而用于指导临床口腔修复时的色彩选择。随着测色技术的发展，特别是计算机用于口腔医学后，牙齿的测量变得更加准确，颜色更加逼真。

一、东西方文化对牙齿的认识

东西方文化的差异使人们对牙齿的基本认识也存在差异。在西方基督教义上，牙齿是愤怒、报复、罪恶等一些负面印象的象征词，如旧约描述“他们慢慢地谩骂着、讥讽着，向我露出尖锐的牙齿”等。东方佛教文化认为牙齿是身体的重要部分，刷牙是佛教的佛事之一，在密教的真宗劝顶仪式上，交接木质清洁口腔工具也是重要仪式之一。伊斯兰教的鼻祖穆罕默德也鼓励大家珍惜自己的牙齿，鼓励人们刷牙。

多年来，处于面容中心位置的牙齿的美学价值一直都被人重视。齿如瓠犀（牙齿像葫芦的籽儿那样洁白整齐），这是《诗经》中描绘齐侯女儿庄姜之美的句子，它是中国古代文学中

PDG
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

最早刻画女性容貌美、情态美的优美篇章。庄姜之美，极为准确而典型地体现了《诗经》时代人们对人体美的审美规范。在《汉书·东方朔传》中对东方朔的描写也是："目若玄珠，齿若编贝"。在今天，整齐洁白仍然是牙齿审美的客观标准。

古今中外对美齿的追求和创造，无不受到历史、社会、种族、宗教、地区习俗、文化、政治、经济和科技发展的制约，审美的差异性客观存在。半个多世纪以前，我国许多地方曾一度以镶金牙为时髦，以金、锡等金属装饰美化牙齿，以示富贵，这是人们在特定历史环境下对牙齿的另一种审美追求。我国西南傣族聚居区，有以黑齿为美的观念，诗歌中赞美最美的姑娘时用"长着乌鸦一般黑的牙齿"来描述。在日本江户时代，已婚女子用铁浆染齿，这种黑齿化妆术在日本明治时期被废除，这种风俗也宣告结束。

口腔健康是全身健康与生活质量的重要组成部分，随着社会的发展与进步，这一点已成为人们的共识，健康美白的牙齿不仅被视为生理上的需要，也是人际社交活动的需要，是体现身份和素养的一个标志。

二、天然牙的色彩

牙齿的颜色是一种复杂的现象，光线情况、透明程度、光散射、光泽度以及人眼和大脑等因素都可以影响对牙齿色彩的全面感知。大多数人的牙齿颜色介于白色和黄色之间；正常牙齿的色泽分布有一定范围，介于黄色调和红色调之间，稍偏黄一点。通过使用比色板的视觉评估、分光光度计法、色度测量以及数字图像的电脑分析等方法可以对牙齿进行色彩测量。许多研究者对不同种族人的牙齿色彩及其分布进行了研究，由于测量仪器、光线等实验条件不同，结果存在较大差异（表3-1）。

表3-1 测色仪测量牙齿颜色

参考文献	测量方法/仪器	受试对象			颜色		
		国家	人数	年龄	L*	a*	b*
odioso	分光光度计	美国	180	13～64	69.3±5.92	5.4±1.33	18.7±3.37
Rubino	比色法	西班牙	600	15～50	67.6±7.0	4.3±2.1	12.1±3.3
Zhao	分光光度计	中国	70	18～70	51.48±8.02	0.62±0.14	0.15±0.02
Hasegawa	分光光度计	日本	87	13～84	73.0±5.0	3.5±1.5	16.5±5.0
Gozalo-Diaz	分光光度计	美国	120	＞18	73.3±7.7	4.7±2.3	18.8±4.9
Cho	比色法	韩国	47	＞19	57.8±3.5	－1.0±0.9	6.7±3.1
Cho	色调视觉系统	韩国	47	＞19	74.0±3.4	5.0±1.5	19.4±4.0
Zhu	分光光度计	中国	162	20～73	54.91±6.39	1.69±1.56	9.19±5.65
Xiao	比色法	中国	405	13～64	70.67±1.91	4.29±2.05	17.5±4.13

总的来说，上颌前牙比下颌前牙要稍微黄一些，而上颌中切牙又比侧切牙和尖牙黄些。许多关于正常牙齿颜色的研究并没有发现存在性别差异。

正常牙齿的颜色有一个明显的增龄性改变，随着年龄的增加，牙齿颜色趋向彩度升高、亮度降低、色相朝深红移动，牙色变暗。年龄对于牙齿颜色的影响涉及很多因素：牙髓随着年龄的增长而逐渐萎缩；继发性牙本质增厚；同时，色素、非结晶的离子和无机物从釉质渗

PDG

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

入牙齿，沉积在釉牙本质界以及牙本质内，使牙本质的色度变得更加饱和。随着釉质的磨耗，牙本质的颜色在前牙色度上起主导作用。

牙齿的中间部位被认为是最能代表牙齿颜色的部位。这是因为：切端经常为半透明，容易受到背景的影响；而牙颈部的颜色又容易受牙龈散射的光线影响。牙齿中央亮度最高、颈部亮度较低、切端亮度最低。Hasegawa等利用分光光度计法沿着牙齿的轴线对中切牙唇面5个不同位点的颜色进行测量，发现L*a*b*明显不同。在L*方面，牙齿最亮的部位在中央。颈部a*、b*值最高，向切端显著降低。

牙齿表面粗糙纹理会散射光线而影响观察牙齿的明暗度。纹理分垂直、水平和不规则纹理，垂直纹理参与组成牙齿表面高点如发育叶，水平纹理是在垂直纹理基础上形成的（图3-1、3-2）。



图3-1



图3-2

三、颜料颜色

色彩的本质是电磁波。电磁波由于波长的不同可分为通讯波、红外线、可见光、紫外线、X线、γ线和宇宙线等。其中可见光的波长是330～780nm。可见光透过三棱镜可以呈现由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫7种颜色组成的光谱。

色彩包括色相、明度和彩度3个要素。色相（色调）(Hue)是颜色的名称，也是红、橙、黄、绿、青、蓝、紫7种基本颜色的总称。不同色相的颜色相互混合可以形成千变万化、丰富多彩的各种颜色。明度（亮度）(Value)是各种颜色由明到暗的变化程度，决定于物体表面对光的反射率。在无彩色中，最亮的是白色、最暗的是黑色。黑色中加入不同量的白色，便可形成暗灰、中灰、浅灰等不同的灰色。各种彩色也有不同的明暗度，如绿色加白色或黑色，可成为浅绿、中绿、深绿等颜色。

绘画常用颜料种类包括：水彩、水粉（广告色）、彩色墨水、丙烯颜料、油画颜料等。常用颜料颜色为黄色、红色、褐色、绿色、蓝色、紫色以及中性色。黄色包括柠檬黄（也称柠黄，三原色之一）、中铬黄、土黄、橘黄（又称橙），黄色系统给人的感觉是温暖、响亮、亲切。红色包括朱红、大红、曙红（又名西洋红、品红，三原色之一）、玫瑰红，红色给人的感觉是温暖、热情、兴奋、膨胀等。褐色包括赭石、熟褐（咖啡色）。绿色包括淡绿、粉绿、翠绿、深绿，给人以清新、生机勃勃和富于青春活力的感觉。蓝色包括钴蓝、湖蓝（接近三原色中的蓝）、群青、普蓝，给人的感觉是沉思、冷静、开阔。紫色（青莲），给人的感觉是优雅、沉静、高贵。中性色即黑、白两色。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

四、皮肤与牙龈的颜色

人的肤色从白到黑颜色变异范围较大。决定肤色的因素有：皮肤本身的颜色和厚度、黑色素颗粒的数量与分布状态、胡萝卜素等色素的数量以及血液等。在人类学中，肤色（skin color）被认为是与人种差别具有重要关系的标志。人种肤色差异的形成决定于黑色素颗粒。肤色在不同地区及人群有不同的分布。不同的生活条件也会造成皮肤颜色深浅的不同。

正常牙龈的颜色变化多样，范围从浅粉色到带点蓝的深紫色，颜色的深浅主要取决于牙龈内黑色素的生成、上皮角质化的程度、上皮化的厚度、牙龈血管的分布等，牙龈颜色一般随肤色的深浅程度而变化。

牙龈根据解剖部位，可分为边缘龈、附着龈和龈乳头三部分。边缘龈为半透明状，颈部牙体组织对光的反射会影响边缘龈的颜色。附着龈是牙龈的主要部分，表面覆有角化的复层鳞状上皮，质地坚韧。龈乳头的侧缘和顶部是两相邻的边缘龈的延续，中心部分为附着龈的成分。入射光在牙龈表面发生吸收、散射、反射、形成牙龈表面色。

健康牙龈颜色用孟塞尔颜色系统表示从10R到2.5R不等，80%分布于5R～7.5R范围。影响牙龈和黏膜颜色的因素有：性别、年龄、牙位、肤色、皮下动脉血管的充盈情况以及由于激素水平影响的黑色素的多少、血压、龈炎等；环境因素包括吸烟、咖啡、刷牙次数、修复体引起的牙龈变色等。

第二节　比色、选色与比色板

想要较好地在治疗后体现牙齿的色泽与形态，达到较理想的美学效果，最重要的是比色这个环节。临床上大多采用比色板，用视觉直观比色法进行牙齿的比色。但是怎样才能正确比色，为患者挑选合适他们的颜色呢？以下我们就从各个方面系统地讲解如何比色和选色，比色板的种类及方法。希望可以指导临床比色，增进医患的沟通和交流。

一、辨色能力

辨色能力即人对颜色的感知和分辨能力，人眼能够区分的两种不同颜色的最小色差大约为ΔE=1.3～1.4。辨色的过程既是一个视觉生理过程，依赖于整个视觉系统的物理通路；又是一个视觉心理过程，依赖于个人对色彩的理解。因此人对颜色的辨别能力存在较大的个体差异。10岁左右的儿童视觉细胞尚未完全发育成熟，而40岁以上视觉系统开始出现老化，辨色精确性下降，因此最佳辨色阶段是15～29岁。而男女之间辨色能力无明显差异。

尽管辨色能力存在个体差异，但并非不可改变。研究显示人对颜色的辨别、感受都可以通过训练而得以改善，重复使用标准颜色试验可以训练观察者的辨色能力。标准颜色试验有的是在色调上有微小变化，有的是在同一色调范围内在彩度上有微小变化，通过这些试验可以提高观察者对色调、彩度的辨别。在各种光源下，牙科医师、牙科学生、专业色彩人员以及一般对照者对于不同颜色及不同底色的辨别无显著差异，但牙医和学生经过数次辨色训练，其辨色能力均有明显提高，可区分细微的颜色差异。

在临床工作中牙医很难取得与天然牙完全相同的配色。没有一种光源和一种比色板能使医师们产生一致的配色，医师之间或者同一医师的两次辨色都有可能不同。因此牙医有必要了解颜色的有关知识，提高辨色能力。辨色时所用的光源、背景色、观察角度、色块的面积

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

大小和间距等都会对辨色能力产生影响。在比色选色过程中，牙医可以通过偶尔注视一下中性色（如灰色）或牙齿颜色的补色（如蓝色）来消除眼睛疲劳，以便更准确地辨色。

二、比色板的种类及方法

比色板作为修复体颜色选择的参考，应满足两个基本要求：一是比色板的颜色排列应该是在颜色空间内合乎逻辑的排列；二是比色板的颜色分布应该是在颜色空间内的合理分布。基于孟塞尔颜色系统的比色板均可满足这两点要求。比色板大致可分为两类，一类是临床比色板，供医生在患者口腔内比色时参考；另一类是技工比色板，供技工加工时参考。由于各个厂家即便是同一色号的复合树脂都存在颜色差异，甚至在固化前后颜色都有变化，因此绝大部分厂家都提供了与其修复材料相匹配的比色板。这也使得临床比色板之间存在较多差异。同时，这些比色板的颜色并不能完全表现天然牙的颜色，使得人们对比色板有了更高的要求。为了满足这一要求，定制比色板应运而生。该方法是将几个色相的数值按照不同的比例混合，制作成系统的比色片，具有精确的彩度和明亮度，使用时先正确选色，然后遵照比色片上的比例调和树脂，修复体即可达到精确的颜色匹配。

临床比色是一个十分复杂的过程，除了精确的比色板外，比色方法也十分重要。需要注意的事项包括：

1. 创造中性的临床比色环境，减少和排除比色环境中其他物体的反射光对比色造成的影响。其中包括诊室环境、患者衣着、有无浓妆等。

2. 选择合适的体位。患者平躺于椅位，比色光源与牙齿表面垂直，医师位于患者头部12点方向，目光与牙面成45度角。

3. 清洁患牙表面，减少烟斑色素等对比色的影响。

4. 备牙前在牙齿湿润状态下快速比色，避免产生视觉疲劳。比色过程中可凝视蓝色或灰色治疗巾缓解视觉疲劳。

5. 比色时先确定色系，再确定牙齿的彩度和明度。

比色时医生视觉的生理功能和心理行为都很重要。全面掌握色彩理论知识，有助于取得满意的比色效果。

三、VITA比色系列

VITA比色系列是临床上应用最多的比色系列。其16色比色板在过去几十年内应用非常广泛。但随着人们对牙齿色彩的理解越来越深刻，16色比色板也逐渐显示出其局限性，比如其颜色没有完全覆盖自然牙齿的颜色区域，颜色在色区内排列不规则（图3-3，3-4），没有系统化的比色方法等。

因此VITA近年来开发出3D比色系统，充分考虑到常见牙色的明度、色相和彩度。VITA 3D比色板具有5个级别的明度，由明到暗为1、2、3、4、5级；三种色相：L代表偏黄色、R代表偏红色、M代表偏黄红色；五个级别的彩度，由低到高分别为1、1.5、2、2.5、3（图3-5）。

应用VITA 3D比色板比色时按照以下三个步骤进行（图3-6）：

1. 确定亮度　在较暗的自然光线下将比色板放在患者嘴唇边（约一臂之遥），用排除法选出与牙齿亮度最接近的亮度组。

2. 确定饱和度　从上一步选定的亮度组别中取出中间的色标组“M”并打开，放在牙齿旁边，从对比饱和度的角度选出最接近的色标（淡-中-浓）。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

3. 确定色值　自然牙齿的色值范围从强黄色、淡黄色到绯红色。留意患者的牙齿是否带有明显的黄色或绯红色，如没有，选择M中间组别，如有，则选L或R。

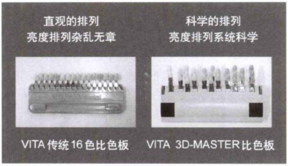


图3-3　VITA 16色比色板亮度排列杂乱，3D比色板亮度排列科学合理

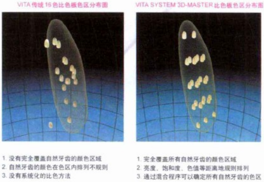


图3-4　VITA 16色比色板与3D比色板颜色分布比较

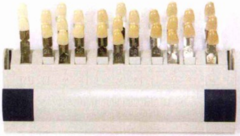


图3-5　VITA 3D比色板构成

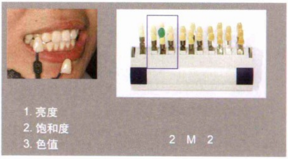


图3-6　VITA 3D比色板比色步骤

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

四、美于自然比色系列

现代树脂美学修复全部采用分层分色堆塑，对比色板提出了更高的要求。分层堆塑的比色需要分层概念的比色板，传统的金属底板、塑料比色标签的比色板不适用于分层堆塑技术。因此美于自然比色系列（图3-7），采用了纯手工双层堆塑树脂比色板的概念，用与要修复的树脂材料同样来源的材料制作的分层比色板，比色牙的牙颈部用牙本质色堆塑，整个表面覆盖一层釉质色，最大程度模拟天然牙的层次结构（图3-8）。

美于自然系列产品的比色有以下特点：

1. 树脂本身手工制作的比色牙（属于VITA比色）；

2. 比色签透明，不像金属签那样会影响光线的透过；

3. 比色牙使用分层堆塑的概念，牙颈部采用牙本质色+釉质色，颈部以外采用釉质色，与临床修复后本质色+釉质色叠加后的效果很接近；

4. 比色板的背面提供最佳的配色方案。给使用该技术修复的牙医提供了很大的指导与参考作用（图3-9）。

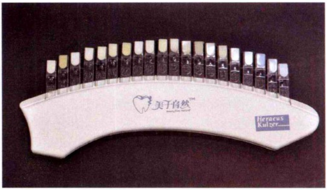
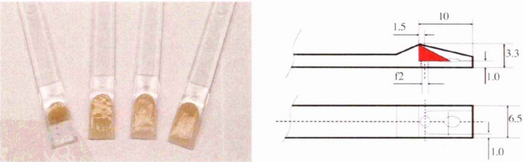


图3-7　美于自然比色板



A　　　　　B

图3-8　美于自然手工双层堆塑比色板。A. 由左至右显示比色板制作过程；B. 为示意图

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

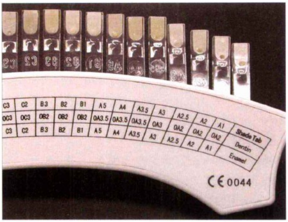


图3-9　关于自然比色板背面提供最佳配色方案

五、电脑比色仪比色

传统的视觉比色容易受到主观因素的影响，影响比色的准确性。因此，在进行对颜色的精确选择以及严谨的科学研究时，应尽量采用标准化的精密仪器来完成，这些仪器一般采用CIELab表色系统。测色仪器一般包括以下3种：

1. 色度计（colorimeters）　模拟肉眼感官，通过滤过可见光谱中部分区域的光波来确定被测物体的颜色，直接测出物体颜色的X、Y、Z值，然后转化为色度坐标。由于色度计对测色样本的光反射平面要求严格，而且容易产生同色异谱现象，因此不适于对形状不规则的样本进行精确测量。

2. 分光光度计（spectrophotometers）　采用球面光学原理，测色样本放入球形的分光光度计中，由总光源发射的光波经过各方向的反射后成360度照到测色样本上，然后由多个传感器接受样本反射和透射后各个波长的光，经处理转化为数字数据显示。分光光度计是测量物体光学性能最全面、最精确的光谱分析仪器。

3. 牙科比色仪　用于口腔内直接比色的牙科比色仪，基于色度计或分光光度计原理，多用于临床环境下色彩的相对比较，不能测量色彩真实的绝对参数值。国内常见的有Crystaleye（Olympus）（图3-10）、Shadepilot（DeguDent Gmbh）、Vita EasyShade（Vident，Brea，California）、Shade Eye NCC（Shofu）。Shade Eye NCC（Shofu）为色度计型点测装置，用色度分析与数码成像结合，一定程度上显示半透明色度图像，能给出CIELab值。Olympus Crystaleye，属分光光度计型，为全牙测量（图3-11），可以测量牙齿的整个表面并在一张图片中提供牙齿的色彩分布图（图3-12）。

六、数码照相技术

随着数码照相和图像处理技术的发展，牙齿比色领域迎来了全新的手段，数码色彩信号经过适当的标准化，可以提高数码照片色彩信息传递的真实性。数码照片经标准化处理，利

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图3-10　Crystaleye（Olympus）比色仪

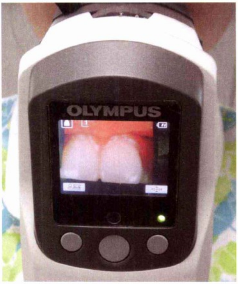


图3-11　应用Crystaleye（Olympus）比色仪测色



A　　　　B

图3-12　A、B全牙测量比色结果

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

用孟塞尔颜色系统测量色彩参数色相、明度、饱和度，较真实地反映牙齿色彩，利于临床医师和修复技师的交流。

（第四军医大学口腔医学院　余　擎）

PDG
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

4 第四章

粘结系统分类

第一节 粘结系统的发展

粘结是两个同种或异种固体物质，与介于两者表面间的第三种物质作用而产生牢固结合的现象。粘结剂则为介导两种固体表面结合的媒介物。牙体粘结是充填材料与牙齿之间有效地结合，具备良好粘结能力的材料不仅可最大限度地减少牙体组织和充填材料之间的微渗漏，从而预防继发龋和牙髓损伤，亦可增强充填材料的固位而避免过多磨除健康牙体组织。自釉质酸蚀技术取得成功后，不少学者又进一步研究树脂与牙本质粘结的可能性，不断对粘结性能进行改良。把每次所研发的有突破性进展的粘结剂称为一代，至今已发展到第七代粘结剂。

一、第一代粘结剂

1955年，Buonocore发现酸蚀釉质可以改善修复材料与牙体硬组织的结合强度，从而开创了现代口腔粘结技术的基础。第一代粘结剂出现于20世纪50、60年代，它的主要成分是二甲基丙烯酸磷酸甘油酯（MMA），临床操作分为酸蚀和粘结两步，牙体预备要求形成机械固位形。1964年，Bowen等将N-苯基甘氨酸和新戊二醇-甲基丙烯酸缩水甘油酯（NPG-GMA）加入粘结剂，但粘结效果仍欠佳。第一代粘结剂主要粘结机制是：①化学结合：粘结剂多含有双功能基团的表面活性单体，其亲水端可与牙本质中的钙离子、氨基、羟基及羧基等结合，疏水端不饱和烯键可与修复树脂共聚结合；②机械固位：粘结剂在釉质的微孔和开放的牙本质小管口可聚合形成机械固位。

第一代粘结剂化学结合极不稳定，遇水易降解，唾液和牙本质自身水分均可使粘结剂水解。由于几乎不含粘结牙本质的成分，树脂突在牙本质小管内不能完全聚合，所以与牙本质的粘结强度只有2MPa，聚合过程产生的收缩强度可高达15MPa，治疗后脱落和充填后过敏现象普遍，临床粘结效果较差。

二、第二代粘结剂

为促进粘结剂与牙本质的化学结合，增加粘结强度，针对第一代粘结剂不断进行改进，20世纪70年代形成了第二代粘结剂，主要成分是双酚A甲基丙烯酸缩水甘油酯（Bis-GMA）的磷酸盐。其临床操作、牙体预备要求和粘结机制与第一代基本相似，改进的是采用Bis-GMA的磷酸盐加强粘结作用，磷酸基内添加卤素降低水解反应，有的系统可软化和部分去除玷污层以增加树脂渗透性。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

第二代粘结剂含有粘结牙本质的成分，粘结强度比第一代高3倍。主要问题是微弱的化学键无法产生足够的键能抵抗水解作用，化学粘结在牙本质粘结中作用较小。第二代粘结剂粘结强度有限，边缘微渗漏、脱落情况和过敏现象依然普遍。

三、第三代粘结剂

1982年，Nakabayashi等发现树脂可在酸蚀牙本质内渗透，通过微机械固位机制提高粘结强度，随后第三代粘结剂出现。它包括釉质酸蚀剂（15% ~ 40%磷酸）、牙本质处理剂（多为螯合剂或低浓度的酸性溶液）、底漆（又称底涂剂、偶联剂）及粘结剂[含无机填料和（或）少填料的低黏度树脂]。磷酸酯底漆含可溶于有机溶剂的亲水单体和疏水单体，亲水性树脂单体多为4-甲基丙烯酰氧乙基偏苯三酸酐（4-META）和联苯二甲基丙烯酸（BPDM）等。操作包括分别酸蚀釉质和牙本质、涂布底漆和粘结四步过程。粘结机制主要是：①酸蚀牙本质，可去除0.5 ~ 5.0μm厚的玷污层，暴露牙本质小管，管周牙本质脱矿，形成牙本质和牙本质小管表面胶原纤维网状结构，使粘结树脂进入牙本质小管及胶原纤维网的微孔，形成微机械扣锁固位；②底漆预处理牙本质，底漆的亲水单体对胶原纤维结构具有较高亲和力，可有效湿润牙本质，软化和修饰玷污层，疏水单体可与粘结树脂发生双链共聚结合。

第三代粘结剂牙本质粘结强度可达8 ~ 15MPa，对牙体预备的机械固位要求较低，微渗漏发生较少，脱落情况和术后敏感现象明显减少，并能与金属和瓷产生粘结作用。主要问题是使用寿命较短、操作较复杂且树脂渗入的深度会局限于玷污层，与玷污层下方的牙本质层无联系、易因玷污层薄弱而发生内聚破坏，影响粘结性能。

四、第四代粘结剂

70年代研究普遍认为牙本质表面的玷污层阻碍粘结剂与牙本质的直接紧密接触，从而影响粘结强度。1979年，Fusayama等就此最先提出全酸蚀理论。3年后Nakabayashi等提出混合层是牙本质粘结的关键，奠定了全酸蚀技术的理论基础，随后全酸蚀技术被Bertollotti介绍到北美，Kanca将其推广。Kanca等发现酸蚀牙本质后，将亲水性底漆涂于表面湿润的牙本质获得的粘结强度明显高于干燥牙本质表面的粘结强度，于1992年提出了牙本质湿粘结的概念。至此，全酸蚀湿粘结理论基本形成，第四代粘结剂出现。

第四代粘结剂由酸蚀剂、底漆和粘结树脂组成。亲水性底漆中含BPDM和双甲基丙烯酸二缩三乙二醇酯（TEG-DMA）等成分，以丙酮或水为载体。粘结树脂含甲基丙烯酸酯β羟乙酯（HEMA）或二甲基丙烯酸氨基甲酸酯（UDMA）等成分。全酸蚀-湿粘结理论和混合层概念是第四代粘结剂的理论基础，所以其临床操作分为三步：①酸蚀：一种酸蚀剂同时处理釉质和牙本质（全酸蚀技术），冲洗后完全去除玷污层，不必充分吹干，保持一定的湿润以防止表面的胶原纤维网塌陷而变致密（湿粘结技术）；②底漆预处理牙本质：涂布亲水性底漆使胶原纤维网中充满表面活性单体并保持膨松状态；③粘结：最后涂布疏水性的粘结剂，与纤维网下的牙本质形成紧密的接触，经固化后可与牙本质胶原纤维网形成混合层和封闭牙本质小管的树脂突，成为连接复合树脂和牙本质的一层过渡结构（混合层理论）。

第四代粘结剂具有较高的微拉伸粘结强度，与牙本质的粘结强度可高达17 ~ 25MPa，边缘微渗漏和术后过敏情况发生率较低。由于使用时需将两种或多种成分精确混合，操作较复杂，技术要求高；临床较难确定合适牙本质湿润的程度，牙本质过湿润或过干燥均无法达到理想粘结效果，技术敏感性较高。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

五、第五代粘结剂

为简化临床操作和降低技术敏感性，20世纪90年代中期研发了第五代牙本质粘结剂，将底漆和粘结树脂结合的全酸蚀“单瓶”粘结剂，包括酸蚀剂、底漆/粘结剂。其粘结机制与第四代基本相同，通过树脂突和形成的混合层产生机械扣锁作用，对釉质和牙本质均产生较高粘结强度。临床操作分为两步，即同时酸蚀釉质和牙本质，冲洗后涂抹底漆和粘结一步完成。

单瓶粘结剂很好地将各组分组合到一起，操作简单，并提高了对各种修复体的粘结强度，约20～24MPa。临床应用偶有术后敏感现象，可能与酸蚀剂和树脂的渗透深度不同产生脱矿间隙有关。

六、第六代粘结剂

对玷污层的深入研究，提示其组成与牙本质基本相同，只是排列不规则。为减少临床操作步骤并对玷污层加以利用，1989年Chigira提出自酸蚀理论，随后Watanabe和Nakabayashi等发明了两组分的自酸蚀偶联粘结系统。20世纪90年代末第六代粘结剂问世，主要成分是自酸蚀底漆和粘结树脂，前者将酸性成分和偶联剂混合在一起，省略了独立的酸蚀步骤，操作分自酸蚀底漆涂布与粘结两步完成。2000年研发出改良型第六代粘结剂，即所谓的全合一粘结剂（all-in-one）或一步法（one-step）粘结剂。多数为单瓶包装，但仍为双组分，需在使用前在调拌皿中混合或在挤出的过程通过螺旋调拌器混合，操作时酸蚀、涂布底胶及粘结简化为一步。第六代粘结剂的粘结机制可用自酸蚀理论解释，与传统粘结剂不同之处是：①使用较弱的酸蚀剂，免去冲洗步骤；②牙齿表面酸蚀与底漆耦联作用同时发生，几乎不产生脱矿间隙；③不去除玷污层，自酸蚀底漆直接将玷污层改性后渗透其中，使改性的玷污层、牙本质脱矿层和底漆共同形成混合层，产生粘结作用。

自酸蚀粘结系统具有操作简便、技术敏感性低、修复体边缘微渗漏少、对牙髓的刺激性较弱、对修复材料隔绝性良好等优点。虽对釉质的粘结不如牙本质的粘结有效，抗剪切力较差，对硬化牙本质及根面牙本质粘结强度较低，但第六代粘结系统粘结力达18～23MPa，可满足临床的粘结要求。因使用前预先要混合或放置，有些产品需多次涂布底漆或粘结剂，临床认为仍有不便。

七、第七代粘结剂

新一代粘结剂的发展仍致力于简化操作步骤，缩短椅旁操作时间。2002年后期第七代粘结系统出现，这是一种真正意义上单组分一步操作的自酸蚀粘结系统，酸蚀剂、底漆和粘结剂合成在一个瓶内，酸蚀、处理和粘结、脱敏及消毒等一步完成，不必再进行预先混合。

第七代粘结剂除具有自酸蚀粘结系统的特点外，其粘结强度可保持在18～25MPa，单组分一步操作提高了医生的工作效率。然而不同产品临床要求各不相同，应用时需多层涂布和注意涂布时间，否则粘结效果不佳。

第一至三代粘结剂的临床粘结效果很不理想，现已基本不用，第四代粘结剂因临床操作较复杂也较少使用，第五至七代粘结剂是目前广泛应用的主流产品。生物相容性更高、粘结强度更大、机械性能更接近牙齿结构和临床操作更简单的粘结剂仍是未来主要的发展方向。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

第二节　粘结系统的分类

随着新型粘结剂的研发，形成了每一时期各具特点的粘结系统，包括相应出现的选择性酸蚀技术、传统的全酸蚀粘结技术和自酸蚀粘结技术及如今广泛应用的具有针对釉质和牙本质双重粘结性能的通用粘结系统等。根据各年代粘结技术发展及粘结剂特点目前已形成七代粘结系统；根据对牙本质基质和玷污层不同的作用机制可分为全酸蚀粘结系统和自酸蚀粘结系统；根据粘结系统组分不同和临床操作步骤不同可分为全酸蚀三步法、全酸蚀两步法系统和自酸蚀两步法、自酸蚀一步法系统。

一、按年代分类

第一代粘结系统产生于20世纪50、60年代，由酸蚀剂和粘结剂（MMA）组成，完成酸蚀和粘结两步操作后，粘结力靠较长树脂突产生的机械嵌合作用和与牙本质非有机成分间较弱的化学结合产生，仅约2MPa。

20世纪70年代出现第二代粘结系统，由酸蚀剂和粘结剂（Bis-GMA）组成，操作步骤和粘结机制与第一代相似，不同的是采用Bis-GMA的磷酸盐成分以加强粘结作用和磷酸盐中添加卤素以提高化学稳定性，粘结力可达约2 ~ 8MPa。

20世纪80年代的第三代粘结系统以牙本质酸蚀理论和微机械固位理论为基础，由釉质酸蚀剂、牙本质处理剂、底漆（磷酸酯）和粘结剂组成，经选择性酸蚀（釉质酸蚀、牙本质酸蚀）、底漆预处理和粘结四步操作后，可产生约8 ~ 15MPa粘结力，对牙科金属和陶瓷也具有粘结力。主要粘结机制是酸蚀牙本质，部分去除和软化玷污层，使树脂单体渗入其中，形成微机械固位。

20世纪90年代初期的第四代粘结系统为经典的全酸蚀粘结系统，采用多瓶多步骤操作方法，由酸蚀剂、底漆和粘结剂组成，酸蚀、预处理和粘结三步法。粘结机制可用全酸蚀-湿粘结理论和混合层理论解释，混合层与渗入牙本质小管的树脂突共同提供固位力，重要特点是完全去除玷污层，操作关键是湿度控制，一般可产生高达17 ~ 25MPa粘结力。

20世纪90年代中期的第五代粘结系统为两步法全酸蚀粘结系统，底漆和粘结剂合于一瓶内，预处理和粘结两步合二为一，粘结力约20 ~ 24MPa。有学者也将自酸蚀两步法归为第五代粘结系统。

20世纪90年代末出现的第六代粘结系统为自酸蚀粘结系统，分为双组分和单组分两种系统，前者由自酸蚀底漆和粘结剂两组分组成，需分别涂布底漆和粘结剂，两步完成；后者使用前需将自酸蚀底漆和粘结剂多组分混合，一步完成操作。粘结机制可用自酸蚀理论解释，特点是不完全去除玷污层而是将其改性，粘结力为18 ~ 23MPa。

2002年后期出现的第七代粘结系统，为单瓶自酸蚀系统，第七代粘结剂将酸蚀剂、底漆和粘结剂合成在一瓶内，不必再进行额外混合和（或）放置，简化了临床操作步骤，粘结强度仍可达约18 ~ 25MPa。

粘结材料的发展遵循着增加粘结强度，简化临床操作步骤，重视牙体各结构特殊性这一原则，现将各代粘结系统性能作如下比较（表4-1）。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

表4-1 各代粘结系统性能比较

分类	特 点	粘结强度（MPa）	组分
Ⅰ	非常微弱的牙本质粘结	2	1
Ⅱ	弱粘结，牙体预备仍须考虑机械固位形	2～8	2
Ⅲ	双组分底漆和粘结剂系统，选择性酸蚀，可粘结金属，低术后敏感性	8～15	2或3
Ⅳ	多组分系统，全酸蚀-湿粘结，形成混合层，去除玷污层，低术后敏感性	17～25	2或5
Ⅴ	单组分系统，无需混合各组分，形成混合层，全酸蚀-湿粘结，去除玷污层，低术后敏感性	20～24	1
Ⅵ	多组分自酸蚀系统，保留玷污层，1或2步法，形成混合层，低术后敏感性	18～23	2或3
Ⅶ	单组分自酸蚀系统，无需混合，保留玷污层，无湿度敏感性，形成混合层，低术后敏感性	18～25	1

*图表引自贺利氏维纳斯操作指南第三章

二、全酸蚀粘结系统

1. 三步法系统　三步法系统由酸蚀剂、底漆和粘结树脂三组分组成，操作步骤按照磷酸酸蚀-涂布底漆-涂布粘结剂的经典三步完成。本系统属于第四代粘结剂，临床上常用的材料包括Scotchbond Multi-purpose（3M ESPE）、All-Bond 2（Bisco）、Amalgambond-Plus（Parkell）等。

2. 两步法系统　两步法系统由酸蚀剂和单瓶包装粘结剂（底漆+粘结剂）两组分组成，操作两步：第一步涂酸蚀剂同时酸蚀釉质和牙本质，然后一并涂抹底漆和粘结剂。本系统属于第五代粘结剂，包括Gluma Comfort Bond（Hereaus Kulzer）、Adper Single Bond Plus（3M ESPE）、Prime & Bond NT（Dentsply）等。

三、自酸蚀粘结系统

1. 两步法系统　两步法系统由自酸蚀底漆（酸蚀剂+底漆）和独立的粘结剂双组分组成，分两步完成，但无需冲洗。本系统属于第六代粘结剂，包括Optibond Solo Plus SE（Kerr）、Adhese（Vivadent）和Clearfil SE Bond（Kuraray）等。

2. 一步法系统　一步法系统将酸蚀剂、底漆和粘结剂三者以双组分或单组分形式合为一体，将酸蚀、涂抹底漆及粘结简化为一步操作。

材料包括：①第六代全合一粘结剂，但两组分使用时需要混合后再涂布，常用材料有XENO Ⅲ（Dentsply）和Adper PromptL-Pop（3M ESPE）等；②第七代粘结剂是单组分单瓶装，无需混合一步完成操作，产品包括iBOND SelfEtch（Hereaus Kulzer）、G-Bond（GC）和XENOⅣ（Dentsply）等。

第三节　粘结技术的临床应用

一、复合树脂粘结修复

复合树脂类材料以其多种聚合方式、多色彩选择性、耐磨性好等优点被广泛应用。然而，

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

单纯应用复合树脂粘结强度不够，粘结技术的发展弥补了这一缺陷。粘结剂渗入开放的牙本质小管中，一端与牙体组织产生化学键结合，另一端与复合树脂的双链交联聚合，在牙齿和复合树脂间架起了一座桥梁，同时又作为微间隙屏障使牙体组织与充填材料更加密合，降低微渗漏。按照粘结机制不同，可将常用的树脂粘结剂分为树脂基质类、活性单体类、磷酸酯类、醛类和聚氨酯五类。未加填料的树脂基质类粘结体系依靠其较好的流动性在处理过的牙面上浸润扩散，形成较长树脂突与牙面紧密结合，而且固化后弹性模量低、韧性较大、抗应力作用较好。含有表面活性单体的粘结剂如4-EDTA和MENTA等可与牙齿的羟基磷灰石产生定向的分子间化学结合，提高粘结效果。日本的Clearfil等粘结剂为磷酸酯类，磷酸酯基团除与牙体组织中的羟磷灰石晶体内的钙离子形成络合配位键外，还可与牙本质胶原蛋白的—NH_2（胺基）、= N—H（亚胺基）形成氢键结合，同时又与树脂材料产生共聚，形成一整体结构。醛类粘结剂中的戊二醛与牙本质胶原蛋白中的—NH_2和= NH发生了亲核加成反应；同时粘结剂中铁离子可促进电子相互转换，加速游离基聚合。聚氨酯类粘结剂交联所形成的—OCN活性基团与牙本质中胶原纤维形成氢键等分子间作用力，对釉质和牙本质均有较强粘结力。

二、银汞合金粘结修复

用于龋病治疗中。银汞合金以其优良的抗压强度等特点作为后牙充填的主要材料，但由于银汞合金与洞壁间无粘结性，可能导致边缘微渗漏，引起继发龋甚至牙髓病变。银汞合金粘结性修复（bonded amalgam restoration，BAR）是将银汞合金良好的机械性能、保存性窝洞制备原则和粘结剂的边缘粘结封闭性三者相结合，以弥补银汞修复体微渗漏和粘结性不足的技术。粘结剂的使用关键在于，当粘结剂尚未聚合处于湿润状态时通过银汞合金充填时所施压力与新鲜调制的银汞合金相互嵌合形成掺杂结构带，提高银汞合金与牙齿硬组织的结合强度和修复体的固位力；同时牙本质与粘结剂紧密结合，封闭牙本质小管，继而保护牙髓组织免受外来刺激和致龋因素的破坏，减少术后牙齿敏感和继发龋的发生。粘结剂与银汞合金结合使用可改善修复体边缘封闭效果，减少甚至消除微渗漏。

三、治疗牙本质敏感症

牙本质表面的敏感部位有大量开放的牙本质小管，牙本质的通透性是敏感的关键因素。有效治疗牙本质敏感症，必须封闭开放状态的牙本质小管，降低牙本质的通透性。脱敏剂中的离子或盐沉淀在牙本质小管可缩小或封闭牙本质小管；GLUMA系统处理剂的主要成分是2-羟乙基甲基丙烯酸酯（HEMA）和戊二醛。HEMA可溶于牙本质小管液，戊二醛可以使牙本质中的蛋白质/氨基酸变性、凝固、堵塞牙本质小管。戊二醛深入牙本质小管内部与蛋白质发生反应又可促进HEMA的聚合，从而阻塞牙本质小管，降低牙本质小管的渗透性，达到脱敏的目的。GLUMA系统处理剂作用迅速，疗效持久，对牙髓无刺激性，使用时无疼痛，操作容易，不使患牙变色，值得临床推广应用。主要用于牙颈部和根面敏感的治疗。

四、窝沟封闭

粘结剂对牙本质的粘结强度为15 ~ 20MPa，对釉质的粘结力可达20 ~ 30MPa。在传统窝沟封闭过程中，由于儿童唾液过多、张口度小，导致酸蚀后牙面因唾液污染，封闭剂易脱落。封闭窝沟时，亲水性粘结剂与封闭剂混合，前者酸性成分使釉质表层的晶体脱矿，其残留有机成分与渗入脱矿釉质的树脂单体形成混合层，与封闭剂成分形成树脂突，使酸

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

蚀脱矿和封闭同时进行，粘结效果可不受唾液污染影响。研究发现，酸蚀后唾液污染的釉质上使用粘结剂处理获得的粘结强度同在酸蚀后未污染的釉质上直接封闭相当。粘结剂用于窝沟封闭的方法解决了患牙失败率高、封闭剂易脱落等问题，提高了一次成功率，节省了操作时间。

五、根管充填

根管系统的复杂性使得靠机械或化学预备不能彻底清除根管内的感染物质，建立良好的根管封闭便成为实现根管系统严密三维充填的关键。Resilon™类根管充填材料如RealSeal™、SimpliFill™能与根管壁之间形成“一体化”整体结构，在功能上表现为充填材料和牙根作为一个整体共同受力，两者的界面上不存在应力集中源。结构上体现为材料与根管壁之间形成弥散性的无缝隙结合，克服传统牙胶尖与糊剂间没有粘结力的缺陷，降低甚至避免根管微渗漏的形成。该充填材料主要包括核心充填材料（resilon）、封闭剂（sealer）和处理剂（primer）。核心充填材料是一种热塑性聚氨酯聚合物，封闭剂是以双甲基丙烯酸为基质的双固化复合剂，处理剂是一类自酸蚀剂，封闭剂能和根管牙本质及核心充填材料产生化学性粘结，封闭根管系统。该封闭剂的稳定性、粘结力、封闭性和抗变形链球菌、粪肠球菌的渗透能力均优于牙胶尖/AH糊剂，具有较好的根尖封闭性。

第四节 粘结系统的发展趋势

牙本质粘结剂经历了六至七代的变革，相应出现了选择性酸蚀技术、全酸蚀技术、自酸蚀技术，以及三步法、两步法及一步法的粘结材料，已取得较满意的粘结效果。粘结剂的研发将致力于简化粘结过程，缩短操作时间，不受湿度影响，减少微渗漏和降低技术敏感性等。

一、含氟粘结剂的开发

含氟粘结剂能在口内缓慢而持久地释放低浓度的氟离子，抑制脱矿并在酸蚀界面形成氟化钙、氟磷灰石和氟络磷灰石颗粒，促进再矿化，降低术后敏感，防龋效果理想。含氟粘结剂渗入酸蚀后牙面形成的树脂突长度与普通粘结剂无差异，能提供强有力的粘结强度和安全可靠的边缘封闭性，氟化物的释放不影响粘结效果。

二、抗菌单体

通过共聚反应将溴化甲基丙烯酰氧十二烷基吡啶（MDPB）加入粘结剂中，聚合时其抗菌作用被激活，对变形链球菌、干酪乳杆菌、粘性放线菌都有抑制和杀灭作用。在GLUMA、Syntac、ProBOND等粘结剂体系中加入戊二醛不仅能增强对牙本质的粘结力，对侵入牙本质小管的链球菌、乳酸菌、放线菌等多种常见致龋菌也有杀灭作用，粘结剂固化后仍可持续发挥作用。加入万古霉素、氯霉素的粘结剂能明显抑制变形链球菌的粘附和生长，而且对粘结强度无影响。

三、纳米填料

利用纳米技术对粘结剂单体进行修饰和设计可获得高性能的粘结剂单体及合理的组分配伍，其微粒大小仅7nm，为传统填料的百分之一。粘结剂单体可渗入酸蚀后产生的釉质微孔

PDG

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

和牙本质小管中，形成牙体组织与修复材料的类天然结合。纳米填料包括纳米聚合物微粒和纳米丝，纳米聚合物微粒是单个的填料颗粒，纳米丝是纳米微粒集团。

四、仿生粘结剂的研制

牙科粘结材料的研制借鉴了组织工程学及仿生学学科的发展成果。双壳贝类生物由于贝类黏液腺分泌的不溶性疏水黏性蛋白作用，能够在海水中快速、恒久地黏附到不同的固体基上。含有这种黏性蛋白的3，4-二羟苯丙氨酸（3，4-DOPA）被成功合成，整个反应无需酶促，通过传统的固相合成。这一发现可作为研究牙科粘结剂不受潮湿度影响的切入点。

五、自修复粘结剂的研制

粘结界面的完整性直接影响粘结修复的效果，纳米囊技术使牙科粘结剂的自修复作用在方法学上成为可能。将催化剂和含有未聚合树脂的微胶囊整合入粘结树脂，当粘结界面出现裂纹时即可引发催化反应，在不影响材料总体性能和使用的基础上修复导致牙科粘结失败的微裂，恢复材料原来的性质，延长使用。

六、多功能粘结剂的研发

研制具有多种功能的粘结剂是未来粘结系统的发展趋势，如Gluma Comfort Bond+ desensitizer（Hereaus），具有粘结和脱敏双重效能；光固化树脂强化玻璃离子正畸粘结剂是一种正畸粘结用的树脂强化型玻璃离子粘结剂，作为玻璃离子材料的一种，它具有化学粘结、氟释放和生物相容性好的特点，可对釉质、烤瓷和金属进行粘结，且对潮湿具有低度敏感性，可在湿润状态下应用。针对不同状态的牙体组织掌握操作要点，结合多功能粘结剂的使用能最大限度地减少不良因素的影响，简化操作过程，获得满意的粘结效果。

（中山大学光华口腔医学院　凌均棨）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

5 第五章

粘结原理和技术

第一节　粘结相关的牙体硬组织特性

粘结是指两个同种或异种固体物质，与介于两者表面间的第三种物质作用而产生牢固结合的现象。利用粘结剂的粘结力使固体表面连接的方法称为粘结技术。在牙体直接修复中，粘结发生于牙体硬组织，主要是釉质与牙本质、复合树脂之间。

一、釉质的化学和结构特性

釉质是人体中最硬的组织，被覆于牙冠表面，高度矿化，性质稳定。无机物占釉质重量的95%，水占4%，有机物1%。无机物主要以羟磷灰石的形式存在。从组织结构看，釉质主要由釉柱和釉柱间质构成，有机物主要分布在釉柱间质。釉柱垂直于釉质表面。

二、牙本质的化学和结构特性

牙本质的化学组成类似于骨组织，主要成分是矿物质。无机物占牙本质重量的75%，有机物和水为25%。有机物中90%是胶原纤维。牙本质的矿物质以羟磷灰石为主，但其矿化程度和体积均小于釉质的羟磷灰石。

牙本质主要由牙本质小管、成牙本质细胞突起和细胞间质构成。牙本质小管贯通整个牙本质层，从牙髓向釉牙本质界面呈放射状排列。牙本质小管靠近牙髓的一端较粗，小管数量约为45 000/mm^2，平均直径为8μm；越接近牙齿表面，牙本质小管越细，且排列越稀疏，小管数量约为15 000/mm^2，平均直径为0.5μm。

围绕牙本质小管周围的间质，构成了牙本质小管壁，称为管周牙本质，其钙化程度比其余的间质高，且基本上不含胶原纤维。其余部分间质则称为管间牙本质，其中的无机物含量较少，而胶原蛋白含量较高。

牙本质既不稳定也非均质。在牙根发育完成前形成的牙本质为原发性牙本质；牙根发育完成，牙与对殆牙建立了咬合关系后形成的牙本质为继发性牙本质；因磨损、酸蚀、龋病等造成牙本质暴露，形成的牙本质为第三期牙本质，包括反应性牙本质和修复性牙本质。

第二节　牙体硬组织的预备和处理

采用粘结技术进行牙体硬组织修复时，由于复合树脂与釉质及牙本质的界面间存在不同

PDG
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

的物理化学特性，粘结系统需要精确设计以达到各自粘结界面的特定要求；与此同时，需要对粘结界面硬组织进行相应的处理，以适应粘结的需要。

一、釉质的预备和处理

（一）酸蚀处理的重要性

早在1955年，Buonocore就提出必须酸蚀釉质表面以获得釉质树脂界面间的最佳粘结。酸蚀需要达到如下标准：有机物的非均质性溶解；釉柱和柱间质不同程度的脱矿及无釉柱釉质的去除；形成不规则、粗糙的微孔表面；降低表面张力及表面自由能，使釉质表面具有更好的湿润性和渗透性。

使用酸蚀技术时应当注意，延长酸蚀时间将导致釉质过度脱矿，完全溶解釉柱间质，使釉质变得易脆，反而不利于粘结。

（二）釉质的机械预备

釉质的粘结是依靠树脂突形成的，如果粘结面的釉柱开口呈圆形，这样形成的树脂突将长而粗大，而且粘结面的釉质面积也决定最终获得的粘结力大小。因此，最佳粘结的获得并非单纯依靠釉质的化学处理，预备正确的釉质斜面角度，可以提供最大数量的釉柱用于抵抗复合树脂固化导致的收缩应力。因此，应当将窝洞的边缘预备成微深的肩领、45°斜面或一个肩台。

（三）粘结原理

釉质表面经轻度脱矿后，由于釉柱和柱间釉质脱矿程度不同，形成高低不等的蜂窝状结构，粘结剂渗入这些孔隙内，固化后成为树脂突与釉质紧密嵌合锁结起到粘结作用，形成了对釉质粘结的主要作用力。

二、牙本质的预备和处理

（一）玷污层的处理

玷污层是切削牙体组织时产生的热使有机质变性，变性的有机质和切削下来的牙本质粉末、牙本质小管溢出液、唾液和细菌等混合，在钻磨压力作用下贴附于洞壁所形成的。在粘结牙本质之前，需要处理牙本质表面，以去除或改性玷污层，并使其表层脱矿。通常使用被HEMA或4-META酯化并能释放氢离子的磷酸处理牙本质表面，使胶原纤维的微孔支架暴露，管间牙本质的微孔增加，形成多孔带。

（二）增加牙本质的表面活性

牙本质的表面自由能较低，为了粘结牙本质，对其表面需要进行化学处理，以增强牙本质的表面自由能，增加牙本质表面的湿润性及表面张力。

通常采用底漆进行牙本质处理。底漆的作用是粘结促进剂，含有溶于有机溶剂（丙酮或乙醇）的亲水单体，如甲基丙烯酸酯β羟乙酯（HEMA）。通过溶液的挥发，置换牙本质表面的胶原网中的水及空气，促进单体的渗入。亲水单体对胶原有较高的亲和力，可有效地湿润牙本质，是树脂的良好助渗剂，促进疏水粘结树脂对牙本质润湿。底漆中还含有疏水单体，能与粘结剂的树脂共聚。通过底漆处理，使亲水性的牙本质表面变成疏水性，以利于粘结剂有效地润湿和渗入暴露的胶原纤维网中。

（三）粘结原理

对牙本质的粘结，是通过玷污层处理、改性和粘结三大环节完成的。一般先用处理剂处

PDG
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

理牙本质表面，去除玷污层，使管间牙本质脱矿，胶原纤维的微孔支架暴露，开放牙本质小管；涂布底漆。底漆润湿并渗入胶原纤维间的微孔和牙本质小管中，以利于粘结剂的随后渗入；涂布粘结剂。底漆和粘结剂在原位固化后，即与牙本质胶原纤维形成相互扣锁的混合层，内含有许多微树脂突，与牙本质小管中的大树脂突共同作用而获得与牙本质的牢固粘结。同时，粘结剂中残留的不饱和烯键与修复树脂单体共聚，从而使复合树脂粘结于牙本质。因此，牙本质粘结的主要机制仍是粘结体系与牙本质形成的微机械扣锁作用。

第三节　粘 结 技 术

按酸蚀处理方式和对牙本质玷污层的去除程度，粘结系统分为全酸蚀系统和自酸蚀系统，粘结技术也分为全酸蚀技术和自酸蚀技术。随着粘结技术的发展，粘结操作步骤逐渐简化、操作性能也得到了提高。

一、全酸蚀技术

（一）概述

在全酸蚀系统中，单独使用酸蚀剂（通常是35%的正磷酸），酸蚀釉质及牙本质后进行彻底冲洗，然后在脱矿的釉质及牙本质表面涂布粘结剂。此时牙本质表面的玷污层已经被去除。“全酸蚀技术”的要点就在于用高浓度酸彻底去除牙本质表面的玷污层。

全酸蚀系统包含三个组分：

1. 酸蚀剂　也称为处理剂，用其处理牙齿表面。酸蚀剂常为35%的正磷酸，它不仅去除玷污层，还能够清除牙本质小管内的玷污栓塞。酸蚀剂使牙本质和管间牙本质脱矿、胶原纤维暴露以及在开放的牙本质小管中形成漏斗状纤维结构。

2. 底漆　底漆是一类树脂基质的液体，具有高度亲水性能，对于牙本质非常有效。底漆能够增加牙本质的表面能，且能够渗入暴露的胶原纤维网，包绕胶原纤维以及置换水分。

3. 粘结剂　粘结剂是真正的粘合剂。它能够渗入牙本质小管内及管间牙本质。由于粘结剂由底漆传输，它形成的是化学粘结而非微机械固位粘结。牙本质上形成的微机械固位是一层混合层，其与牙本质之间没有界面存在，彼此之间是相互结合而非粘结。

（二）操作步骤及注意事项

1. 涂布酸蚀剂　酸蚀剂先酸蚀釉质，大约10s后再酸蚀牙本质，等待20s后再用水冲洗。对于釉质，因其具有很高含量的无机物，总的酸蚀时间为30s。该技术为选择性的酸蚀。应谨防过度酸蚀釉质，避免牙体组织变得太脆。

目前使用的酸蚀剂导致牙本质的脱矿深度为1 ~ 10μm，因此不会影响或直接损害牙髓。酸蚀剂主要作用于牙本质表层，由于牙本质小管的矿物成分的存在，成为抵抗氢离子的有效缓冲。

必须仔细地冲洗酸蚀凝胶，冲洗的时间应为酸蚀时间的两倍（总共约1min）。在使用气水枪前，应首先冲洗掉酸蚀凝胶，以防止酸蚀剂的扩散。不论粘结系统包含几步操作，在粘结前必须进行彻底冲洗。

清除多余的水分是另一关键步骤。对釉质应彻底干燥使之呈白垩色的外观。如果余下的牙本质过于干燥，胶原纤维塌陷且有碍于粘结；相反，如果牙本质过于湿润，疏水性树脂基质不能充分渗入牙本质小管。因此，需要解决的问题是如何获得达到充分粘结强度的最佳湿润程度及标准。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

在涂底漆之前，牙本质应具有潮湿的外观。为了达到这种效果，应当吸掉多余的水分而非使用成束的强气流直接吹干窝洞。

2. 涂布底漆　底漆的作用在于其渗入牙本质小管内并与胶原纤维发生粘结。

在表面处理牙本质后，潮湿的牙本质有碍于疏水性粘结剂的渗入。这也就是为何需要对牙本质进行疏水处理的原因所在，即事先使用含有诸如HEMA、PENTA或4-META有机溶剂的双亲性单体底漆。

使用诸如酒精或丙酮/水这样的溶剂，单体能够渗入有机结构的内部，单体将置换并代替牙本质小管内的水分。

水溶剂的蒸发比有机溶剂慢，因此，了解底漆的溶剂成分并考虑其在临床操作中的影响相当重要。

在涂布底漆的临床操作中应当特别小心，底漆反应的最短时间为30s。在其反应的后期，可采用间接性吹气促进挥发性组分（溶剂）的蒸发。

当溶剂蒸发完全后，一薄层单体仍然存留。牙本质里的底漆使牙本质具有疏水性并与粘结剂相容。

3. 涂布粘结剂　粘结剂是一种树脂基质，主要由疏水性单体组成，如Bis-GMA或UDMA。在这个阶段，将粘结剂均匀地涂布于整个窝洞也相当重要。推荐使用不同于涂布底漆的微毛刷。粘结剂涂布后并将其固化。在固化过程中，应当考虑窝洞的形状及深度对于固化的影响：被固化表面与光照灯头的距离越远，固化所需时间越长。基于目前使用的粘结剂，粘结层的固化时间应为20 ~ 40s。固化后，被处理的表面应当呈现光亮的外观，否则需要重复最后一步的粘结处理并再次检查粘结表面。

（三）技术要点

1. 全酸蚀三步法粘结系统　在三步法粘结系统中，酸蚀剂、底漆、粘结剂的处理是各自分开的（表5-1）。

表5-1　全酸蚀三步法粘结系统（酸蚀剂/底漆/粘结剂）

优　点	缺　点
对釉质及牙本质均能达到最佳效果	技术敏感性高，粘结成功与否取决于操作者的技术
具有长期的临床观察结果	有过度酸蚀的风险
对瓷及金属修复体效果优良	有微渗漏的风险
可被用于双重固化的树脂粘结	需要多步操作

2. 全酸蚀两步法粘结系统　两步法粘结系统仅有一种同时包含底漆和粘结剂的溶液。该粘结系统临床操作步骤少，易于掌握。然而，必须严格遵照要求来施行这些步骤。

两步法粘结系统通常是以丙酮或酒精作为其溶剂，挥发得很快（表5-2）。

表5-2　全酸蚀两步法粘结系统（酸蚀剂/底漆＆粘结剂）

优　点	缺　点
对釉质及牙本质均效果优良	技术敏感性高，粘结成功与否取决于操作者的技术
已具有长期的临床观察结果	有过度酸蚀的风险
可在粘结剂中添加填料	有微渗漏的风险
酸蚀后仅需一步操作	需要分层操作

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

二、自酸蚀技术

（一）概述

与全酸蚀系统相比，自酸蚀系统对于玷污层的处理效果完全不同。"自酸蚀技术"的要点在于对玷污层进行改性而非去除，也无需使用水进行冲洗。自酸蚀系统的酸蚀效果是基于酸性单体，一旦与水接触，这些单体就能释放氢离子而启动酸蚀过程。在酸蚀过程中，pH与钙磷离子浓度均会慢慢升高，从而限制了酸蚀的时间和深度。通常使用的是被HEMA或4-META酯化并能释放氢离子的磷酸。丙烯酸酯基团常被用于粘结系统的粘结剂中。

使用自酸蚀技术时，将包含酸蚀剂/底漆及粘结剂的溶液，涂布于釉质及牙本质表面，玷污层被覆盖。如果是一步法粘结系统，粘结剂与酸蚀剂/底漆的处理合为一步。而两步法粘结系统，粘结剂在酸蚀剂/底漆干燥后单独运用。在自酸蚀粘结系统中，不论操作步骤为几步，釉质的脱矿和树脂基质的渗入同时发生。

必须再次强调的是，粘结组分的数量与临床所需的治疗步骤数量无关。与两步法粘结系统相比，一步法粘结系统或许使用多瓶装。例如，需要几种组分混合后使用的一步法粘结系统。

值得注意的是，这些系统对于未预备的釉质粘结效果不佳。

（二）技术评价

1. 自酸蚀两步法粘结系统　在自酸蚀系统中，两步法粘结系统的第一步是通过酸蚀剂和底漆组分改性混合层，起到粘结剂的效果。将该组分涂布于整个窝洞，并在粘结剂处理前保持充分的反应时间（表5-3）。

表5-3　自酸蚀两步法粘结系统（酸蚀剂&底漆/粘结剂）

优　点	缺　点
与牙本质发生化学结合，最佳的牙本质粘结效果	对未预备的釉质粘结效果不佳
临床操作步骤少	需要分层操作

2. 自酸蚀一步法粘结系统　一步法自酸蚀系统仅需一步操作，可以减少操作者相关的可变因素，并将操作误差降到最低。

这些单瓶装粘结系统常被用于釉质及牙本质的粘结，达到所需的反应时间（一般为20 ~ 30s）后，再给予光固化。混合层形成且无需额外的临床操作（表5-4）。

表5-4　自酸蚀一步法粘结系统（酸蚀剂&底漆&粘结剂）

优　点	缺　点
操作更简便	仅对预备过的釉质起作用，对未预备的釉质粘结效果不佳
与牙本质发生化学结合，对于牙本质粘结效果优异	不能用于双重固化的复合树脂
为单瓶装	可能需要分层操作

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

三、粘结操作注意事项

1. 使用前仔细阅读并遵照产品说明，明确操作步骤。
2. 选用多步法粘结系统时，应使用不同颜色的刷子，以减少刷子相互混用的概率。
3. 用棉球吸掉多余的粘结剂，而非使用强气流吹除，以免粘结剂不均匀分布。
4. 确保含有挥发性溶剂（如丙酮、酒精）的容器瓶封存完好。
5. 涂布过多的粘结剂会导致边缘染色。
6. 仅酸蚀所需粘结的牙体组织，相邻牙体组织应当给予保护。
7. 光固化灯应尽可能地接近窝洞。
8. 从光固化灯投照的方向去除多余的粘结剂。
9. 常规地检查粘结剂是否完全固化。
10. 对釉质面应使用全酸蚀粘结系统进行粘结。
11. 对硬化性牙本质建议单独使用酸蚀剂处理后再行粘结。

（文中图表引自贺利氏维纳斯操作指南第三章）

（四川大学华西口腔医学院　周学东）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

6 第六章

前牙多层修复

第一节 概　　述

前牙是人类美丽面容的重要组成部分，但临床上患者的前牙常常会因为龋病、外伤、发育畸形等原因需要修复。前牙的修复不仅仅是对缺损组织的修复，更应该是患者美丽笑容和自信的重塑。

前牙修复可采用冠、贴面等间接修复和复合树脂直接修复等技术。间接修复技术存在破坏健康牙体组织过多的不足。直接修复技术更符合微创修复的理念，可以在患者需求、组织损伤和技术风险之间达到较好的平衡。其优点主要包括：①可以一次性恢复患牙的形状、颜色和邻接及咬合关系；②为非侵入性或微创性技术，对牙体损伤最小；③为可逆性修复，必要的时候可去除原修复体，恢复到治疗前的状态；④可修补性，如果修复体出现小的缺陷，可进行进一步的修补；⑤如果出现大的缺陷，如修复体脱落，可以采用间接修复方法进行弥补，如贴面、冠等。

天然牙由釉质和牙本质组成，两种组织的来源和特征完全不同。牙本质构成牙的本体，为光阻射性，具有色相（hue）、彩度（chroma）和明度（value）的变化。釉质覆盖牙本质之上，具有半透明性和光透射性。当光线与这两种组织相遇时，产生的作用是完全不同的，当光线到达牙体表面时，一些光线被釉质表层反射回来，剩余的光线穿过表面到达牙本质层，发生反射、折射或者吸收。穿透牙本质和釉质的光线进入黑暗的口腔。在此过程中产生的颜色与光的作用，构成了牙的自然表征。

根据天然牙体组织色泽和透明度的差异，厂家开发和生产出了多色复合树脂来替代不同部位的牙体硬组织，从而出现了复合树脂多层修复技术（layering technique）或分层修复技术（stratification technique）的概念。例如，用不透明的“牙本质复合树脂”替代牙本质，用透明或半透明的“釉质复合树脂”替代釉质，用透明的复合树脂修复牙切端。

Dietschi 根据充填的树脂层数将多层技术分为两层和三层修复技术。两层技术只含一套主体材料以及透明和不透明材料。主体材料有不同的色相(hue, A ~ D)和不同的彩度(chroma, 1 ~ 4)，以及中等不透明性，即明度（value）介于自然釉质和牙本质之间。两层技术的概念基于用单色材料修复牙主体，修复体与牙周围组织混合协调产生一种“变色龙”（chameleon）效果，用透明材料修复牙尖，增加美学效果。两层技术虽简单，但不能很好的模拟天然釉质和牙本质。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

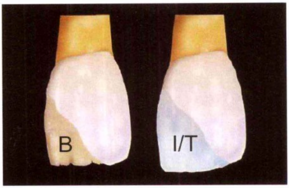


图6-1 两层修复技术模式图

修复主体（B）为单色牙本质材料，为牙尖或透明树脂材料层覆盖

[引自 Dietschi D. J Adhes Dent，2001，3（1）:71-80]

三层技术包括牙本质和釉质两套材料，均有不同的色相（A ~ D）、彩度（1 ~ 4）。牙本质材料不透明性接近或高于正常牙本质，釉质材料不透明性介于正常牙本质和釉质之间。还有透明色的牙尖材料。其概念基于用多色材料修复牙主体，修复体从内侧到表面由不同的明度和彩度的材料构成。

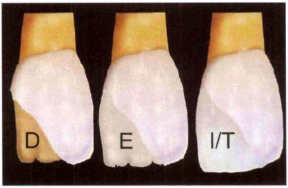


图6-2 三层修复技术模式图

修复主体为两种材料，牙本质层（D）和釉质层，表面为透明树脂层，注意釉质层切缘的不规则性[引自 Dietschi D. J Adhes Dent，2001，3（1）:71-80]

改良两层修复技术是在经典两层修复技术的基础上加以改进。牙本质材料有不同的色相（A ~ D）和不同的彩度，明度接近自然牙本质。釉质材料有三种：乳白色、中性/象牙色、半透明灰色，分别用于年轻、成年、中老年患者。釉质材料还包括另外的不透明色材料，用于深窝洞。该技术的美学效果更佳。

现代三层修复技术在改良两层修复技术基础上增加了修饰性材料，以更好地复制某些解剖特征，提高美学效果。修饰性材料主要指灰色或黄色的着色材料（tints），用于牙本质层和釉质层之间。该技术临床使用简单，却显著增加美学效果，体现个性化和可预测性，具有画龙点睛的效果。

复合树脂分层修复技术适用于前牙Ⅳ类缺损、色泽异常牙及畸形牙的修复，良好的美观

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

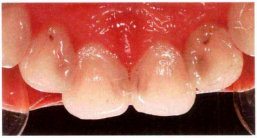
效果可以比拟全瓷牙。但正因为前牙的美观要求高，分层修复技术对临床医生而言，是一项很大的挑战，需要操作者很好地掌握牙的形态结构，拥有熟练的操作技术，对医生的美学素养、临床技能及所使用的修复材料都有很高要求。

第二节　前牙直接修复技术的步骤及要点

一、前牙直接分层修复

病例1（L1）：患者，女，25岁，前牙树脂充填后4年半，自觉不美观，来院求治，要求重新充填。检查可见11、21唇侧颈部少量不良牙色材料充填体（图1，2），叩诊（-）、探诊（-）、松（-）、冷（-）。12、22近中邻面龋坏，叩诊（-）、探诊（-）、松（-）、冷（+）。诊断：11、21继发龋，12、22中龋。治疗计划：12、11、21、22复合树脂直接修复。


图6-L1-1　术前唇面观


图6-L1-2　术前舌侧面观

1. 比色　因缺损处近颈部，故比色时应将比色板贴近邻牙相应的选定比色区域（图3，4）。


图6-L1-3　比色（牙本质#OA2色）


图6-L1-4　比色2（釉质#A2色）

2. 去龋和牙体预备　由于前牙对美观要求较高，应彻底去除病变区的龋坏组织及软化的腐质，以保障牙色的最佳恢复，并防止继发龋的产生。

3. 护髓　患者有牙髓刺激症状，使用光固化$Ca(OH)_2$进行护髓。

4. 粘结　在窝洞表面涂布iBOND Self Etch自酸蚀粘结剂20秒，轻吹2秒，窝洞表面形成光亮层，光固化20秒。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

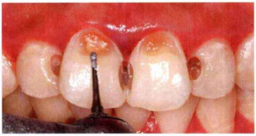


图6-L1-5　微创车针去除原修复体及龋坏



图6-L1-6　去除龋坏组织后唇面观组织

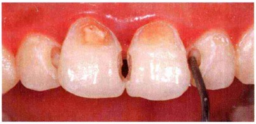


图6-L1-7　光固化氢氧化钙护髓

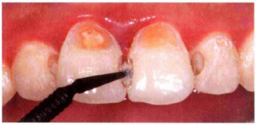


图6-L1-8　使用自酸蚀粘结剂均匀涂布整个窝洞区域，光固化20秒

5. 分层充填　颈部缺损，则分层堆砌技术应按照由切端至牙颈部的方向，先充填窝洞内切端部分，并依次对窝洞中部及颈部部分进行充填。此法可避免龈沟液污染，增强粘结力。

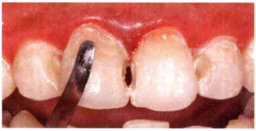


图6-L1-9　遮色树脂#OA3色充填11、21窝洞底部



图6-L1-10　#OA2色恢复窝洞底部牙本质层



图6-L1-11　#OA2色恢复11、21近中邻面及接触点



图6-L1-12　#A2色形成11、21釉质层

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注


图6-L1-13　充填12窝洞


图6-L1-14　充填22窝洞


图6-L1-15　树脂充填后效果

6. 修形　使用金刚砂修形车针对修复体表面进行形态修整，使用金刚砂细修形针对修复体颈部及龈下部分进行精细调整。

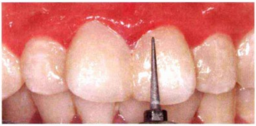

图6-L1-16　修整修复体颈部及唇面外形


图6-L1-17　修整修复体舌侧外形

7. 抛光　使用抛光器械对修复体表面进行抛光，由粗至细依次进行，以达到良好的光泽度。

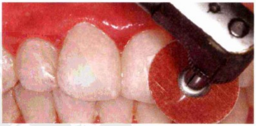

图6-L1-18　用抛光碟抛光


图6-L1-19　用抛光碟抛光

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

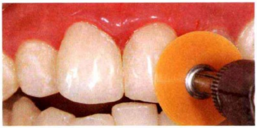


图6-L1-20　用抛光碟对修复体表面进行抛光

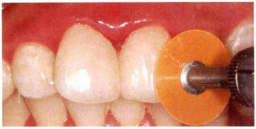


图6-L1-21　用细抛光碟对修复体表面进行抛光



图6-L1-22　用抛光条抛光邻面



图6-L1-23　用抛光条抛光邻面



图6-L1-24　用抛光尖精细抛光

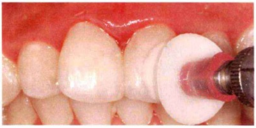


图6-L1-25　绒布轮配合抛光膏抛光

8. 完成



图6-L1-26　术后唇面观

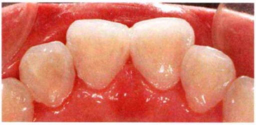


图6-L1-27　术后舌面观



图6-L1-28、29　术前、术后对比

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

二、前牙直接导板分层修复

病例2（L2）：患者，男，20岁，"门牙"变黑3年，影响美观。口腔检查发现其上前牙排列整齐，21近中邻面龋坏至牙本质，冷刺激敏感，无自发痛，咬合关系及牙周情况良好。11近中邻面树脂修复体存，变色，切端磨耗。诊断为21近中邻面龋，11不良修复体。拟采用复合树脂分层修复。

本病例采用口内直接取模导板辅助分层修复技术，可更直观地预估充填后树脂色泽、形态效果，便于选择合适的树脂色系，达到更好的充填效果；可以大大缩短患者等待时间（减少口内取模次数、省去石膏模型灌注及等待时间）。



图6-L2-1 术前



图6-L2-2 21龋坏，11充填体变色

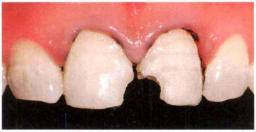


图6-L2-3 去除龋坏组织及原修复体，上排龈线



图6-L2-4 直接在患牙分层堆塑树脂，不涂布粘结剂，恢复11、21形态



图6-L2-5 硅橡胶腭侧印模



图6-L2-6 回复硅橡胶导板至口内就位

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

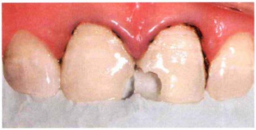


图6-L2-7　在硅橡胶导板内腭侧注入流动树脂

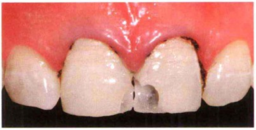


图6-L2-8　去除硅橡胶阴模，形成树脂充填腭侧导板

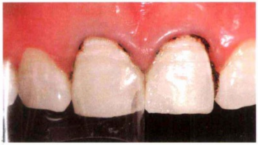


图6-L2-9　充填21牙本质层树脂



图6-L2-10　充填21釉质层树脂



图6-L2-11　11、21充填后



图6-L2-12　去除排龈线，完成修整抛光



图6-L2-13　术前、术后效果对比

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

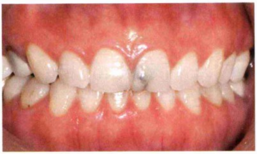



图6-L2-14　术前术后全口效果对比

三、前牙间接导板分层修复

病例3（L3）：患者，男，22岁，前牙外伤后五天，自发痛后自行好转。口内检查：21切端远中斜行折裂，牙龈轻度红肿，颈部有明显软垢，舌侧有色素沉积。舌侧折裂面可见近髓点，呈淡红色，叩诊（+），探诊（+），松动度（-），冷水（+）。X线示牙周膜轻度增宽，根尖周情况正常。诊断为21冠折，伴慢性牙髓炎。患者要求行树脂修复。



图6-L3-1　21外伤冠部切端-远中折裂

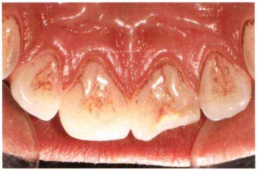


图6-L3-2　21术前舌侧观，可见色素沉积和淡红色近髓点

1. 比色



图6-L3-3　比色，依据美于自然比色板，体部选用A3色



图6-L3-4　比色，切端色选择T2色

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

2. 根管治疗　对21行一次性根管治疗术。去除根管口牙胶，玻璃离子体封闭髓腔区域。

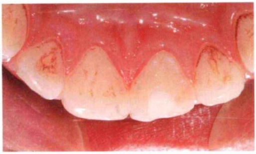


图6-L3-5　玻璃离子体封闭根管口和髓腔

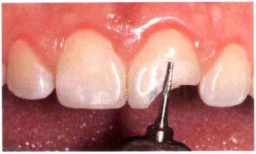


图6-L3-6　预备釉质斜面

3. 取模，制作腭侧导板　为保证腭侧形态和咬合关系更好的恢复，先取患牙的阴模，口外制作石膏模型。然后，在石膏模型上用红蜡恢复牙体外形和咬合关系，并以此制备硅橡胶局部阴模导板，将导板在口内就位。

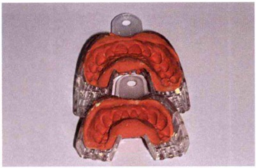


图6-L3-7　用硅橡胶在患者口内取前牙区局部印模

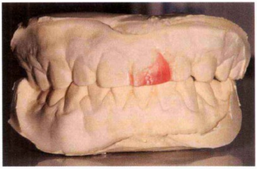


图6-L3-8　灌制石膏模型，用红蜡在模型上恢复牙冠形态

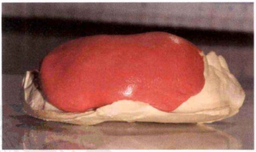


图6-L3-9　用硅橡胶在已恢复形态的石膏模型上取局部印模



图6-L3-10　将硅橡胶印模回复到口内就位

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

4. 粘结



图6-L3-11　在整个术区涂布iBOND Self Etch自酸蚀粘结剂，涂刷20秒，并用气枪轻吹5秒，使粘结剂均匀散布

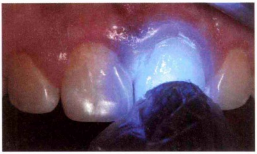


图6-L3-12　光固化，唇舌侧各照射20秒

5. 分层充填　将制作好的硅橡胶导板阴模回复至患者口内，在患牙区注入流动树脂，固化后形成充填的腭侧导板。在导板上进行复合树脂充填，恢复患牙形态。



图6-L3-13　在硅橡胶导板内的患牙区注入流动树脂



图6-L3-14　固化后取下印模，形成腭侧釉质层树脂（A2色）



图6-L3-15　在舌侧背板上堆塑牙本质层（OA3色）



图6-L3-16　用OA2色树脂，堆塑第二层牙本质树脂，模拟切端区生长叶形态

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图6-L3-17 用T2透明色树脂，修复切端区域

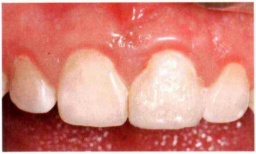


图6-L3-18 最后用#A2色树脂修复表面釉质层

6. 修形与抛光



图6-L3-19 抛光尖抛光唇面



图6-L3-20 抛光条抛光邻面

7. 完成



图6-L3-21 修复前



图6-L3-22 修复后

第三节 临床操作注意要点

1. 临床医生应对天然牙的结构有很深入的了解，包括牙本质和釉质的特点、牙体各部分的形态和光学特性等，并在未干燥的情况下对患牙作出美学评价，选择合适的复合树脂材料。牙本质色树脂和釉质色树脂的透明度有很大差别，如果不同的复合树脂材料能够正确运用可很好重现天然牙的形态特点。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

2. 修复前操作者要对患者的年龄、面型、患牙及邻牙情况等有详细了解，做出正确诊断，选择合适的治疗方案。患者知情同意后，可用复合树脂在不粘结的情况下恢复患牙形态，咨询患者对该效果的意见，并以此为模板制取硅橡胶导板。也可在口外石膏模型上恢复患牙形态，并以此为模板制取硅橡胶导板。这样既可以让患者对修复后的效果有一定的了解，从而增强治疗信心，又可以为最后充填做指导。

3. 牙体的预备 前牙复合树脂分层修复只需去除病变牙体组织、沉着的色素及牙石，不需要制备严格的洞型，去除的牙体组织少。在前牙切角缺损中预备短斜面可以使树脂与牙体组织间形成自然的过渡。另外舌侧边缘线要尽量避开咬合接触区，以免影响修复体的使用寿命。

4. 比色 比色直接影响修复后牙齿与邻牙的协调性和美观。前牙比色应在自然光下进行，选择与患牙和邻牙相协调的颜色。比色应在橡皮障隔离之前，因为上橡皮障后牙干燥脱水会导致所选的颜色明度升高，从而影响颜色的正确选择。树脂的分层充填技术要对牙体的各层结构进行比色，选择合适的牙本质色、釉质色及切端色，可选择复合树脂材料配套的比色板或自制比色板。另外要注意牙的颜色与年龄的关系，比如年轻人的釉质透明度低，老年人则相反。

5. 分层充填 充填前要仔细分析牙本质和釉质的形态结构、厚度以及两者的空间关系，每层充填厚度的大小和牙本质所占的比例会影响到最终修复体的颜色饱和度，要尽量做到与邻牙颜色协调。要特别注意的是随着年龄的增大和磨损加重，前牙的形态会发生改变，如切端1/3变短，牙本质和釉质的空间关系发生改变。充填时要根据选定的树脂的特性进行分层修复，尽量重现患牙原来的形态，尽可能做到与对侧同名牙对称、与面部和上下唇协调自然。

6. 修形抛光 良好的修形抛光可提高修复体的美观效果，延长修复体的使用寿命。修形抛光时要尽可能再现牙的天然形态和质地。除了关注边缘嵴和发育沟的范围和方向外，还要注意牙表面的光学效果。修形时可用修形车针、橡皮轮或橡皮尖等雕刻出前牙的边缘嵴、沟和结节等形态结构。抛光时，可用树脂抛光膏来增加树脂表面的光泽和质地。

（武汉大学口腔医学院 陈 智 李秋慧）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

7 第七章

后牙树脂粘结修复

第一节　窝洞制备的要求及特点

按G.V.Black分类，后牙窝洞主要有Ⅰ类洞、Ⅱ类洞和Ⅴ类洞，以及G.V.Black分类未包含在内的位于牙尖、嵴处的Ⅵ类洞。随着材料技术的进展，现有适用于后牙充填的树脂材料，除了色泽的天然优势，其物理机械性能已能满足后牙各类洞型修复的要求。所以禁忌证仅为不能隔湿的患牙和不能配合治疗的患者；以及后牙咬合承受力完全作用于修复材料上的患牙，如𬌗面的大面积缺损、功能牙尖的缺失等。

一、后牙树脂粘结修复技术的窝洞制备要求及与银汞修复技术的异同点

后牙树脂粘结修复技术的窝洞制备与银汞修复技术均需遵循牙体修复的基本原则：即去尽龋坏组织，尽可能地保存活髓和牙体组织；一定的抗力形和固位形以防止充填体松脱；最大限度恢复牙齿的功能。但是，由于两者之间材料的性能和充填技术的不同，在窝洞制备中又有不同的要求和特点，主要可以从以下三个方面来考虑：

1. 抗力形和固位形的预备　由于复合树脂主要通过树脂粘结技术与牙体组织相结合而达到固位作用，因而较窝洞固位形的制备要求比银汞合金充填的窝洞制备的要求较低。但对于抗力形的要求与银汞合金修复技术相同，所以，在窝洞制备过程中，应综合考虑树脂修复体和相应牙体组织的抗力性能，使完成充填治疗后的牙齿能够承担足够的压力，恢复咀嚼功能。特别是在承担咀嚼压力的部位，树脂充填体或余留牙体组织均要求有一定的厚度，以免折断。

2. 洞缘短斜面的预备　由于复合树脂粘结表面积的增加可以提高粘结力，所以在后牙的窝洞制备中，可以在非承担主要咬合压力的洞缘部位预备短斜面，以扩大粘结面积，增强粘结力，加强固位作用。而在承担主要咬合压力的部位，如较陡的牙尖或尖窝相对处的𬌗面，由于斜面的预备可能使充填后此部位的树脂充填体相对薄弱，抗力形较差，易折断，所以不推荐使用。银汞修复技术的窝洞预备可以根据釉柱的排列方向有一定程度的洞壁倾斜以增加固位和抗力，但不主张短斜面的预备。

3. 预防性扩展　现代牙体修复技术对窝洞预备的要求更趋保守，无论是银汞充填技术还是树脂粘结修复，都尽量不扩展或只做最小程度的扩展。

对于有发育缺陷的𬌗面点隙裂沟，银汞充填牙体修复时可以采用釉质成形术或窝沟封闭；如采用树脂充填牙体修复，则需要进行适当的预防性扩展，以便进行预防性的树脂充填。这

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

是因为复合树脂是高分子化学材料，固化时会有一定的聚合收缩，在树脂修复体边缘遗留有缺陷的点隙裂沟易发生继发龋。

二、预防性复合树脂粘结修复

保存性粘结牙科学最大的优点是早期龋的预防性树脂修复。预防性粘结修复是由Ulvestad在1975年提出，并由Simonsen等推广，其目的在于克服银汞合金充填咬合面浅龋时所作的预防性扩展。在点隙裂沟龋的预备过程中，采用预防性树脂修复，一旦龋损被清除，窝洞原则上不再进行进一步的预备。如经过窝洞预备后呈又浅又狭窄的洞型，在临床上使用树脂封闭剂或者流动复合树脂即可进行粘结修复；如有额外的牙体组织必须去除，则需使用后牙复合树脂进行修复。因此预防性树脂修复的适应证应为窝沟浅龋，其理想的修复体外形应尽可能小，这样可使咬合压力主要集中在正常牙体结构而非树脂材料上，当咬合面有较大区域需要修复时，则应为预防性树脂修复的禁忌证。

对于预防性复合树脂修复，其窝洞预备过程中必须使用最小的器械进行，例如常用No.1/16或1/8的小圆钻，或采用微创治疗的方法如气磨法、激光预备等。当窝洞达牙本质层后，应当去除无基釉，但无需在咬合面窝洞边缘上预备斜面。

在充填树脂过程中，在窝洞内置入复合树脂或流动树脂后，可于光固化前使用手用器械雕刻咬合面的形态。如固化后存在多余的修复材料，可以进行适当的咬合磨改使洞型达到合适的外形和解剖形态。在此基础上，对包括树脂及其边缘在内的整个窝洞系统重新进行酸蚀，使用粘结性树脂进行封闭，如果未作咬合调整，可直接进行粘结性树脂的封闭。

预防性复合树脂粘结修复具有许多优点，主要包括：①通过粘结树脂的修复，使牙体组织结构得到最大限度的封闭；②被封闭的牙体组织即使留有少量的龋损也不会继续发展，因为严密的粘结修复使致龋菌的营养条件及其生存环境变差，从而阻止了龋齿的继续发展；③由于严格的洞型预备，不作预防性扩展，减少了修复体的咬合接触，提高了使用效率；④颜色美观，与自然牙相似。一项临床研究显示，预防性树脂修复的保存期可达十年。当然，随着年限的延长，粘结在修复体表面的封闭剂会以每年5%~10%的速度丧失，因此对于预防性树脂修复的病例应长期随访，并在必要时对封闭剂或修复体进行修整或重新修复。

第二节　后牙直接修复技术的步骤及要点

一、术前检查及准备

1. 咬合检查、洞型的初步设计　在进行窝洞制备前，必须检查咬合关系，并依照病损情况初步设计，以减少充填后外形修整的时间，提高工作效率和牙体修复质量。

2. 窝洞清理和制备、比色　去尽龋坏，依据病损决定窝洞设计，制备适当的抗力形和固位形，包括必要时增加短斜面。在自然光下，根据所修复牙齿和邻牙的颜色比色，选择色泽合适的复合树脂材料。比色应在放置橡皮障前进行，因为在不同的橡皮障颜色背景下比色，会带来很大的视觉误差。

二、操 作 步 骤

1. 隔湿　树脂粘结修复的技术敏感性强，受患者口腔局部条件影响大，特别是潮湿。患

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

者的唾液、龈沟液、血液，甚至湿润的口气都会影响粘结效果，因此，建议放置橡皮障隔湿，近龈缘处用排龈线；或用棉卷隔湿。

2. 垫底　较深的窝洞应垫底，以隔绝复合树脂中残存单体通过牙本质小管对牙髓产生刺激，一般选用玻璃离子体粘固剂做垫底材料；如果窝洞深，近髓处需做间接盖髓，建议选用可固化氢氧化钙，垫薄层即可，范围不能太大，否则会影响牙体修复效果。

3. 放置成形片和楔子　如为近远中邻𬌗面洞型，需在邻面放置成形片，用成形片夹固定于牙上，在两牙间用楔子固定，使成形片紧贴龈壁外表面，防止产生充填性悬突。

4. 粘结技术的运用　目前临床上最为常用的后牙粘结树脂修复是自酸蚀粘结技术，因其使用简便，操作时间短，很受医生和患者的欢迎。而全酸蚀技术是公认的粘结强度较为稳定的技术，首先必须进行牙面的处理，通常采用浓度较高的磷酸涂布粘接牙面，彻底冲洗干净后，吹干牙面，再涂布树脂粘结剂，轻吹后光照固化。

5. 树脂多层充填　对于范围较大和较深的窝洞，建议采用斜向牙面进行分层充填和固化，厚度和宽度以不超过2mm为度，目的是为了充分固化和减少固化后向心性收缩所造成的不良影响。如果窝洞龈壁较深，在拆除楔子和成形片后，建议颊舌向再行光照。树脂多层充填时，应注意按牙体解剖形态逐层堆积树脂材料，并对照检查时的咬合情况，可以略高于咬合面，但不可欠填。

6. 外形修整抛光　先用桃形车针进行咬合调整，然后使用石尖或金刚砂车针修整外形和去除颊舌侧的充填悬突。用咬合纸检查咬合情况后，依次采用从粗粒到细粒的砂片或车针抛光，最后可用橡皮轮或细绒轮蘸打磨膏抛光（详细的操作步骤见附图7-1 ～ 7-27）。

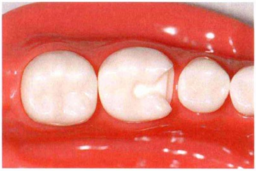


图7-1　Ⅱ类洞　洞型制备



图7-2　比色



图7-3　涂布自酸蚀粘结剂

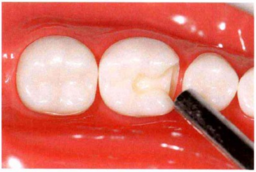


图7-4　气枪轻吹

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

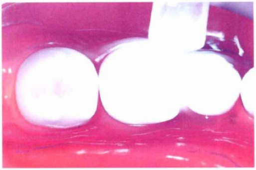


图7-5　光固化

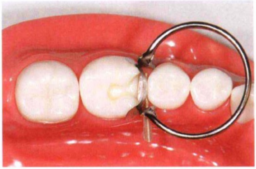


图7-6　上成形片、夹，木楔

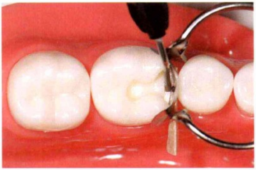


图7-7　流动树脂充填龈壁



图7-8　龈壁充填后



图7-9　光固化

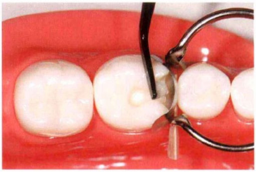


图7-10　近中邻面充填



图7-11　光固化

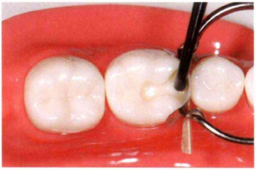
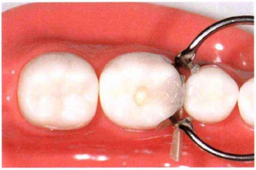
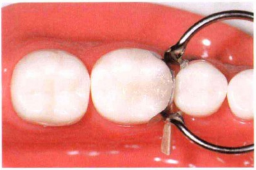


图7-12　近中邻面充填

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注


图7-13　邻面充填后


图7-14　殆面充填

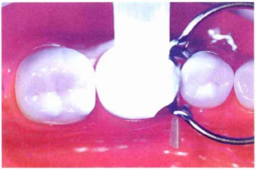
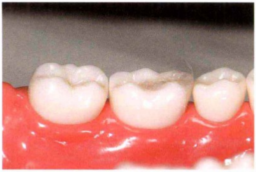
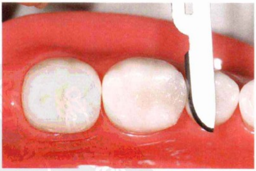
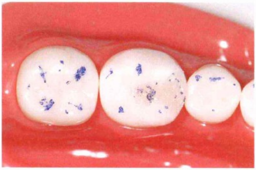

图7-15　光固化


图7-16　充填后（殆面观）


图7-17　充填后（颊面观）


图7-18　充填后（舌面观）


图7-19　刀片修整


图7-20　咬合

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

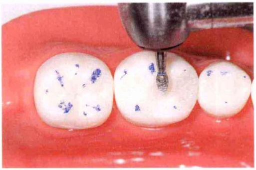


图7-21　调𬌗

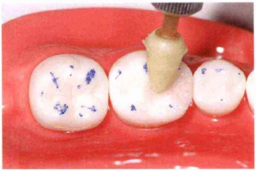


图7-22　抛光1

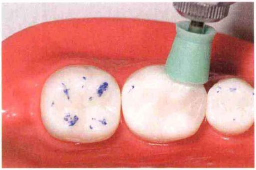


图7-23　抛光2

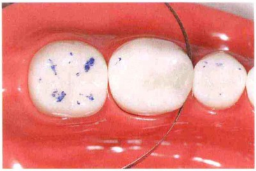


图7-24　抛光3

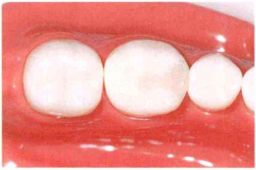


图7-25　充填后（𬌗面观）



图7-26　充填后（颊面观）

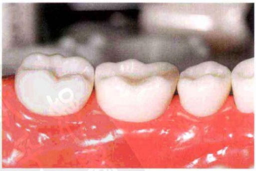


图7-27　充填后（舌面观）

（上海交通大学口腔医学院　孙　喆）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

第三节　酸蚀、粘结技术中的若干问题

一、釉质酸蚀及粘结技术的特点

釉质是人体组织中矿化程度最高的组织，其无机成分占重量比约95%左右，有机成分仅为5%左右，主要由羟基磷灰石、水和少量有机物构成。另一重要特点是釉质组织在不同的深度和位置，其组成与结构基本相同。这一特点不仅有利于粘结剂的渗透，而且容易形成比较稳定的粘结强度。临床上由于患牙的情况不同、酸的种类不同，釉质酸蚀及粘结技术的成功与否依赖于以下一些参数：

- 酸的种类
- 酸的浓度
- 酸作用的时间
- 酸蚀剂的种类（凝胶、半凝胶、水溶液）
- 冲洗时间
- 激活蚀刻的途径（摩擦、摇动，或重复应用新鲜的酸）
- 在酸蚀前釉质是否经过预备
- 是乳牙还是恒牙釉质
- 釉质是否富有釉柱结构
- 釉质是否氟化、脱矿或着色

由于使用时更易于控制，在临床上酸的凝胶型比液体型更受青睐。

体外试验中，复合树脂对磷酸酸蚀过的釉质的粘结强度平均为20MPa，这样的粘结强度被认为能够有效抵抗复合树脂聚合时产生的收缩应力。因此，如果完全是粘接釉质，那么酸蚀能有效降低接口处的微渗漏。在现代修复牙科学常规应用中，釉质酸蚀技术已被证实是固定的、可信赖的临床操作步骤。

彻底清除酸蚀剂以及溶解的磷酸钙，并且保持清洁的酸蚀面不受潮湿和唾液污染是保证树脂-釉质粘结寿命的关键。在临床操作过程中应当非常重视。

二、关于全酸蚀和自酸蚀系统的优缺点

1. 全酸蚀系统　全酸蚀系统是基于牙本质表面固有的潮湿特点以及在临床实际工作中釉质和牙本质不能截然分开的特点而设计的一种酸蚀系统，其主要特点为使用一种酸蚀剂同时完成对釉质和牙本质的酸蚀，故称全酸蚀系统。当窝洞制备完成后，患牙充分隔离清理，继之选择适当的酸蚀剂或调节剂。由于大多数现代粘结系统中重点关注去除玷污层这一特点，将调节剂或酸蚀剂同时涂布在釉质和牙本质上，这样能够使粘结树脂产生微机械交联作用的两种不同微固位表面被暴露。虽然大多数粘结技术的研究都关注于对牙本质产生良好的、牢固的粘结，但是，在新的粘结系统开发中也不能忽视釉质粘结的重要性。

传统上，釉质被浓度为30%～40%的磷酸进行选择性酸蚀。随着全酸蚀技术的引入，较低浓度的磷酸或不同浓度的弱酸，例如马来酸、柠檬酸以及草酸，已被运用于不同的粘结系统。这些通用型釉质-牙本质全酸蚀系统的目的是在被充分酸蚀的釉质牙本质间寻求最佳的复合体，并创造出一种微固位的酸蚀模式，使牙本质适度地被酸蚀，而使胶原纤维的暴露足

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

以使树脂完全渗入。然而，在选择性全酸蚀粘结剂临床使用多年后，越来越多的临床试验及实验室研究表明，侵蚀能力较弱的选择性酸蚀剂对釉质粘接的能力较差，持久性较弱。使用既能适用于釉质又能适用于牙本质的酸蚀剂是不现实的。如果在酸蚀前釉质表面粗糙，或将酸凝胶反复涂擦在釉质表面，那么仅使用弱酸也可被接受。目前，为了同时酸蚀釉质和牙本质，大多数粘结系统又重新开始使用传统的、浓度在30%以上的磷酸酸蚀剂。推荐用法是首先将这些酸蚀剂应用在釉质上，即釉质被酸蚀至少15秒。值得注意的是，只有在硬化牙本质表面酸蚀剂才能应用更长时间而没有酸蚀过深的风险。事实上，这种高度矿化的组织应该被酸蚀更久使其更适于粘接。

在所有的玷污层去除系统中，在使用引物和粘结树脂前应彻底去除调节剂及其副产物。举例说明，如果没能按照制造商的推荐去除硝酸，调节剂就会导致树脂不能完全渗入脱矿的牙本质表层，从而产生最小的混合层。适当地冲洗，可使调节剂有效地产生足够的混合层。

2. 自酸蚀系统　自酸蚀引物包含酸性的单体，其为挥发性，可不用冲洗，方便使用。但是，自酸蚀引物的酸蚀效率以及由此产生的釉质粘结强度和稳定性如何一直是临床争论的焦点。Perdigao等对釉质剪切粘结应力进行SEM研究后认为，虽然phenyl-P自酸蚀后的酸蚀釉质深度不如传统的酸蚀剂，但是Clearfil Liner Bond 2则显示了良好的釉质粘结强度。

在对釉质进行微量牵拉粘结应力的测量中，两种自酸蚀粘结剂，即自酸蚀高强度的NRC/Prime和Bond NT，甚至是中等强度的Clearfil SE Bond，都提供了与传统三步法的全酸蚀粘结剂Optibond FL相当的粘结强度。值得注意的是，此研究中所有粘结剂都被粘接到用600粒度砂纸预备出玷污层的釉质上。Kanemura等在另一项研究中也得到相似的结论，该研究显示另两种自酸蚀粘结剂（Clearfil Liner Bond 2; Mac Bond 2, Tokuyama）对打磨过的釉质产生的微量牵拉粘结应力与单瓶粘结剂（One-step, Single Bond）所测的结果相当，这种单瓶粘结剂需另行磷酸处理。当自酸蚀粘结剂被直接粘接到未打磨的、完整的釉质时，所产生的微量牵拉粘结应力值会显著降低。

因仍需长期的临床试验来证实这种在体外实验中效果较好的釉质粘结效力，目前，临床上仍然只建议将这种简化的技术运用在打磨过的釉质上。此外，自酸蚀引物至少应该涂布30秒，并反复擦拭牙本质表面。或者，在自酸蚀引物使用前单独采用传统酸蚀剂。

全酸蚀系统的出现为临床上解决釉质和牙本质的粘结效果提出了完整的解决方法，取得了较好的临床效果。但其临床操作步骤较多，在20世纪90年代中期出现了自酸蚀粘结系统，其特点即将酸蚀剂和底漆合二为一，粘结树脂不变。自酸蚀粘结剂使用的酸蚀剂不是磷酸而是含有磷酸基单体的酸性处理液，其酸性较柔和，pH在1.0以上，刺激性较少且无需水冲洗，作用原理与全酸蚀系统也大不一样。它不是去除玷污层而是溶解玷污层，溶解后的玷污层与牙本质胶原纤维和粘结剂的树脂单体混合，共同形成混合体，使玷污层成为混合层的一个组成部分。这样不会增加混合层下方的牙本质渗透性，也避免了由于树脂粘结剂渗透而带来的敏感，从而明显降低了患牙术后敏感症状的发生率。

第四节　临床治疗过程应当注意的若干问题

一、关于窝洞的预备

与银汞合金修复的机械固位不同，后牙复合树脂主要借助粘结技术来提高修复体的固位

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

力，无需将窝洞制备成一定洞型。而且，复合树脂的抗折断能力明显强于银汞合金，因此后牙复合树脂修复的洞型制备在原则上趋于保守。如局限于釉质内的龋损，不必加深窝洞至牙本质层；窝洞可保持去净龋坏组织的自然形态而不必底平壁直；洞缘及洞内的点线角要圆钝以利于复合树脂充填加压时更密合。

与前牙窝洞预备不同的是，𬌗面洞型不必预备洞缘斜面。这是因为后牙窝洞预备后，其洞壁的洞缘釉柱已被斜切，增加了粘结面积，但洞缘斜面的制作加速了充填体的磨耗，而且位于洞缘斜面上的充填体由于较薄往往易于折断，从而导致术后敏感或继发龋的产生。

需要强调的是，后牙窝洞制备要注意与对𬌗牙的咬合关系，尤其与对𬌗功能牙齿的咬合关系，尽可能避免充填体与对𬌗牙功能牙尖呈紧密接触或呈楔形，以免术后发生折断。

二、隔　　湿

后牙窝洞树脂修复时必须放置橡皮障。这是因为，在治疗过程中，粘结面过湿或外部环境对粘结面的污染会明显降低粘结强度，尤其是唾液和龈沟液的影响更大。这些液体中的蛋白质成分会阻止粘结树脂的渗入从而影响粘结效果，因此在临床操作过程中必须使用橡皮障。棉卷隔湿只能防止唾液的污染而没有其他作用，且需不停地更换，影响操作过程和时间。一项临床研究表明，在充填后4~6周发现未使用橡皮障的Ⅱ类洞复合树脂修复体边缘往往存在边缘裂隙。

三、牙本质和牙髓的保护

需要粘结修复的患牙被充分隔离后，临床医生需要考虑对牙本质进行何种方式的保护。推荐在复合树脂之下首先使用“无粘结剂”的洞衬剂和垫底，也可以使用玻璃离子水门汀等粘结性的材料（“三明治”修复技术），但是在大多数病例中只需采用合适的粘结剂即可。显微镜研究显示粘结剂能够渗入牙本质小管壁，与牙本质小管中的胶原纤维相互混合从而对小管进行严密的封闭。

当剩余牙本质厚度不足0.5mm，以及在牙本质渗透性极佳的年轻牙齿的深洞中，迄今为止氢氧化钙仍是首选，原因在于其能保证牙髓愈合的特性。氢氧化钙最大的缺点是其在窝洞未被充分封闭时会迅速溶解。因此，在使用氢氧化钙后，必须使用微溶解的传统水门汀，例如玻璃离子水门汀，对其进行覆盖。树脂改良的玻璃离子水门汀更受欢迎。与普通的玻璃离子洞衬剂不同，树脂改良的玻璃离子水门汀能与粘结树脂产生化学共聚合反应，通过与剩余牙体结构进行粘接和洞衬使修复体成为一个整体。此外，树脂改良的玻璃离子水门汀对酸蚀的抵抗力较普通的玻璃离子更强。由于其可溶解性高，氢氧化钙洞衬剂不应该被酸蚀。此外，为保证足够的粘结强度，应该谨慎地使用氢氧化钙，仅限于那些最深的窝洞，且氢氧化钙放置仅需覆盖近髓的部分即可。这样才能够尽可能粘接更多的牙本质组织从而达到最佳的粘结效果，反之，为了粘结也应尽可能多地保存牙本质。

四、比　　色

任何牙体修复材料与患者的天然牙齿无绝对的匹配性，因此在牙体修复过程中，应在放置橡皮障前进行比色。同时，由于脱水可增加牙齿色泽的改变（如色相发生改变），如通过空气干燥10秒钟后，釉质透明度可减少80%，因此牙齿在比色前应该湿化。牙齿的比色应遵循以下一般原则：

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

1. 上橡皮障之前进行，并保持牙齿表面的湿润。

2. 临床牙冠分为颈部、中部和切缘，比色前应当仔细记录形状、透明度、半透明、光环效应等，以及解剖细节，如发育沟、凸度、面、角以及其他特性等。这对于进行仿真性修复非常重要。

3. 在牙齿的颈1/3选择牙本质基色。

4. 选择自然光线。

5. 用比色板进行比色时，最好使用同品牌配套的比色板或材料自制的比色板，并且湿润比色板。

6. 比色应采用瞬间比色法，一般不超过5秒，因为时间过长可影响术者对色泽的观察力。

7. 为使患者达到满意，有时可选择在牙齿未做酸蚀前在牙面上放置少量已确定的材料并固化，以进一步让患者确认。

五、窝洞表面粘结的处理

不同酸蚀系统对釉质牙本质表面的处理：

釉质酸蚀剂可分为液体型和凝胶型，后者由于流动性较小，容易控制酸蚀范围及局部浓度，故临床医师应用较多。关于涂布时间有15、30、60秒不同，根据目前临床研究表明，釉质表面酸蚀15秒和60秒的粘结效果是相似的，因此建议当使用35%~40%正磷酸作为酸蚀剂时，15秒已足够，但是要因人而异，注意牙齿的矿化程度以及年龄大小等。

对于全酸蚀系统，目前使用的全酸蚀剂也多为30%以上的高浓度磷酸。为减少对牙本质的酸蚀时间，建议先涂布釉质，再涂布牙本质，从而使牙本质的酸蚀时间少于15秒，减少对牙本质的酸蚀，且冲洗时间应该大于酸蚀时间。

自酸蚀系统的临床应用一般使用牙本质处理剂（酸蚀剂与底漆的混合物），在窝洞表面施压涂布20秒，勿用水冲洗，使用弱到中等强度的洁净空气吹干即可，空气吹干强度一般为气枪对皮肤吹压时有少量凹陷即可。也有临床医师建议，为减少釉质表面的微渗漏，在后牙窝洞修复时可先用磷酸酸蚀釉质，然后再常规使用自酸蚀粘结系统。

六、复合树脂充填

1. 成形片的放置　后牙复合洞型修复必须放置成形片系统，目前使用较多的palodent系统具有以下特点。

(1) 预成的节段式成形片，适用于后牙近、远中Ⅱ类洞型。

(2) 其所采用的固位环，既可固位，也可分开。

(3) 具有三种型号，分别为迷你型、标准型和大尺寸型。

(4) 迷你型：适用于青年患者，以及有牙龈肿胀或牙体暴露困难者，厚度仅为0.038mm；标准型：适用于90%的修复体；大尺寸型：适合较深的修复体或有牙龈退缩者，厚度为0.051mm。

2. 分层固化　由于目前的光固化灯只能对2～3mm厚的复合树脂充分固化，故洞深大于2mm的后牙窝洞必须分层固化。对于窝洞较深的点角由于树脂充填可能不到位，可先用流动树脂充填窝洞的点角，可减少窝洞的体积以及复合树脂的聚合收缩等。但注意流动树脂由于机械强度不够，不宜多使用，尤其在直接承担咀嚼压力的地方。

3. 充填后的修形与抛光　一般情况下，复合树脂充填固化后无法保证恢复其原有的解剖形态和正常的咬合，因此必须进行修形和抛光，使修复材料与天然牙混成一体，显现自然的

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

外观、颜色和表面的光泽。但许多研究数据表明，修形有时可使树脂表面易于磨耗和着色，原因可能是充填后树脂表面的填料含量较少，导致强度不高以及表面硬度降低。

在抛光修形时要遵循由粗到细的原则进行，各种器械，如金刚钻针、磨石钻针、抛光盘、抛光条、橡皮杯等交替使用。

抛光有干抛光和湿抛光两种方法，干抛光法无论对于修复体的光滑度、硬度以及颜色稳定性方面均好于湿抛光，但易产热，使修复体表面过干、磨损或出现微小裂纹。因此，在使用干抛光时应间断、轻度压力操作，并及时充分冲洗，去除磨除的树脂颗粒或残屑。

许多医师建议在抛光、修形完成后使用酸蚀剂对釉质表面边缘再度酸蚀，然后使用低黏度粘结树脂在修复体表面及釉质边缘涂布，或者采用表面封闭剂也可。其目的在于使修复体有较好的抗磨耗能力及硬度，以减少边缘微渗漏的产生。

第五节　复合树脂后牙直接修复操作指南

一、适应证与禁忌证

临床研究结果显示后牙复合树脂修复能够维持较长时间。磨牙咬合面修复体较前磨牙修复体差，Ⅱ类洞修复体较Ⅰ类洞修复体差，而大修复体比小到中型修复体差。因此，需限制修复体大小，从而保证大部分咬合压力被牙体组织分散。

窝沟浅龋或中龋是预防性树脂修复的适应证。理想的修复体外形应该是尽量小的，因为这样可以使咬合压力主要集中在牙体结构上。咬合面上较大区域的修复则为这种修复的禁忌证。

二、直接后牙复合树脂修复

1. 术前评估　应该在术前评估中考虑到之前所提及的作为适应证的因素。作为预备设计的指导，应该记录咬合。应该根据修复情况选择最佳类型的复合树脂。目前，颗粒平均尺寸在1～3μm的多填料树脂被认为最适合后牙使用。

为避免因隔离患牙造成的脱水进而导致釉质颜色的改变，颜色的选择应该在患牙隔离前进行。通过比色卡选择一种与患牙颜色匹配的树脂后，在未经预备酸蚀的牙面上放置少量树脂并使之聚合。测试颜色的树脂很容易被去除，因为牙面在放置这些树脂前未被酸蚀。对于后牙复合树脂的修复，颜色的选择并非至关重要。为了利于治疗的完成及未来的评估，一些临床医生偏向于使用颜色有差异的材料。

如果复合树脂材料保存在针管内而非玻璃瓶中，少量的复合树脂则可能进入针尖。为了防止过早的聚合，这种针尖为不透明的琥珀色。如果需要流动性更好的树脂，那么Centrix注射针或一次性玻璃瓶就应该被放在密封的塑料袋中，并置于温暖（60℃/140℉）的水浴中。这能降低复合树脂的黏度，有助于之后的充填。

2. 隔湿　设置橡皮障是至关重要的，如操作区域内的干燥不能得到保障，则导致临床治疗的失败。临床研究显示，未使用橡皮障的Ⅱ类洞复合树脂充填后4～6周，其修复体边缘存在裂隙。橡皮障预防了唾液的污染，并保护了牙龈组织。

3. 封闭剂　虽然窝沟封闭剂通常不被认为是后牙树脂修复体，但其作为预防性修复措施已被使用了数十年。封闭剂是降低龋齿的有效手段。比起未经封闭的牙齿，经窝沟封闭的牙

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

在5年后龋齿发病率减少35%，4年后减少43%，7年后减少55%。但窝沟封闭的有效性也受多种因素影响。临床研究显示，窝沟封闭趋于失败的速率为每年5%至10%，对于那些封闭剂部分或完全脱落的牙，其患龋率会显著增加，甚至与未进行封闭的牙相当。因此，作为能够预防龋齿的窝沟封闭，其成功关键是封闭剂的完全固位。影响封闭剂固位和有效性的一些因素包括：

（1）解剖因素：如下颌牙的固位率比上颌牙高；前磨牙的固位率比磨牙高。

（2）通过对患者的定期随访并对部分或完全脱落的封闭剂进行修复以提高治疗有效性。

（3）在封闭剂之前使用粘结剂湿润窝沟，并帮助封闭剂渗入其中以增强粘结力，有助于封闭剂粘接到唾液污染的釉质上，最终提高封闭剂的临床固位。

（4）为了在放置封闭剂前提供健康的、无染色的釉质，用No.1/16或1/8的车针或气磨法对窝沟进行少量的机械预备，以加强封闭剂的渗入和粘结、减少气泡的生成、增强边缘适应性、降低边缘渗漏、减少微生物的数量，并增加了临床固位。

（5）研究显示树脂改良型玻璃离子封闭剂有较好的防龋作用，但固位比树脂封闭剂差。由于这些研究的追踪时间较短，有关树脂改良型玻璃离子作为封闭剂的长期有效性尚不可知。

（6）临床研究表明，与传统的树脂封闭剂相比，流动树脂性能更好。

（7）龋病活动性的水平对封闭的成本-效益是至关重要的。如果患者的龋病指数低，那么这个治疗的价值就很低。临床参数包括咬合面窝沟的形态、龋失补数，以及医生的主观判断，这些都是咬合面龋病活动性的重要预示。因此，封闭剂的使用应该建立在对患者疾病水平的诊断以及对潜在窝沟龋确定的基础上。封闭剂不应该普遍使用。

4. 预防性树脂修复　将保存性粘结牙科学利益最大化的修复形式是预防性树脂修复（PRR）。PRR是由Ulvestad于1975年提出，并由Simonsen等推广，旨在解决对咬合面浅龋进行传统修复中有关预防性扩展的问题。

PRR限制了对点隙裂沟龋的预备。一旦病损被清除，就不再进行进一步的预备。如果最后的预备仅仅是将窝沟进行又浅又窄的开放，那么就使用树脂封闭剂（或流动复合树脂材料）。如果还有额外的牙体结构被磨除，那么就需要在该处使用后牙复合树脂，而窝沟和复合树脂修复体的表面用树脂封闭剂或流动树脂封闭。这项技术有许多优点，包括：

（1）保存了牙体结构：一项五年临床研究显示，银汞平均占据了25%的咬合面，而PRR仅为5%。

（2）强调了美观：由牙色修复材料提供。

（3）提高了修复材料对牙体结构的封闭：通过粘结树脂使复合树脂粘接到酸蚀后的釉质获得。

（4）少量磨耗：严格控制的洞型预备限制了修复体的咬合接触。

（5）被封闭的龋损不会进展：如果龋损遗留在了被封闭的窝沟底部，那么就不会继续发展，因为封闭剂阻止了供给致龋菌的营养。

（6）使用寿命长：临床研究显示，PRR治疗的成功期可以长达十年，等于或超过银汞修复体的表现。

有关封闭剂的有效性条件也同样适用于PRR，即PRR中放置的封闭剂会以每年5%至10%的速率丧失。因此，这些修复体必须进行长期随访，并且在必要时应对封闭剂和（或）修复体进行修整或重新修复。

5. 技术　完成术前评估、咬合标记、牙色选取，以及橡皮障的安放。可选择直接使用的

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

一次性玻璃瓶装的或是装在注射器中的复合树脂。当选择后者时应将其置于避光的注射尖中。如有需要，可通过进一步水浴加热来降低复合树脂的黏度，以增强Ⅱ类洞修复体对窝洞的适应性。

保存性粘结技术的预备需清除脱矿牙本质、釉质及无基釉，使用最小器械如No.1/16或1/8的圆钻或用气磨法进行预备以达到限量的目的。只有当龋损超过一定尺寸时才使用较大器械。而在咬合面边缘也不应预备斜面。

通常情况下，这些修复体在尺寸和深度上都是受到限制的，所以无需进行牙髓保护。对牙本质的酸蚀与其他粘结性修复的操作相同。那些深入到牙本质层的区域用后牙复合树脂进行充填，固化深度不超过2mm。如果预备是浅而窄的，封闭材料、流动树脂，或加热后的树脂均可使用于充填修复。在固化前，使用手用器械雕刻咬合面的形态。如果固化后存在多余的修复材料，则应对修复体进行调整以达到合适的外形和解剖，重新酸蚀后使用封闭剂覆盖。完成修复后，去除橡皮障，检查咬合关系。如无需进行调整，则可使用封闭剂覆盖树脂及其周边酸蚀后的窝沟，并且固化。

（上海交通大学口腔医学院　梁景平　夏文薇）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

8 第八章

光固化技术在复合树脂多层美学修复中的应用

第一节　概　　述

伴随着复合树脂美学修复技术的不断发展，树脂固化方法亦不断改进。由开始的化学固化，很快发展为紫外线、可见光引发的光敏固化。显而易见，固化技术直接影响复合树脂美学修复的效果和质量。

一、光固化技术的产生和发展

早期的复合树脂采用化学固化方法。采用过氧化双苯甲酰（di-benzoylperoxide，BPO）作为引发剂，诱导三胺形成自由基，破开单体的c=c双键。在化学固化时，树脂材料与引发剂均匀混合才能开始固化。这种固化方式具有方便、容易操作、不需要额外设备的优点。但是，化学固化方式具有明显的不足，化学固化复合树脂的应用受到以下缺点的限制：①混合的比例：使用前混合两种不同组分，因此很难达到每次混合的比例完全一致，过多的引发剂会影响树脂的性质；②混匀操作不稳定：一般都是由牙科助理在树脂使用前手工调拌两种膏剂，容易导致气泡产生和材料不均匀；③颜色不稳定：引发剂BPO在日光下不稳定，远期充填材料的变色也限制了化学固化复合树脂在美学修复中的应用。为了克服化学固化的不足之处，让复合树脂广泛使用，在1970年左右出现了利用电磁波固化的复合树脂。

早期采用波长较短的电磁波——紫外线来进行复合树脂的固化，使用二叔丁基对甲酚（butylhydroxytoluol，BTH）作为聚合开始的引发剂。紫外线作为引发剂的固化体系使复合树脂的使用变得简易，树脂的各组分在材料中能够更均匀地混合，极大地提高了材料的性质。紫外线引发剂吸收的光波长低于390nm，处于可见光波长范围之外，位于紫外线区域。但采用波长较短的电磁波启动复合树脂的固化也具有一些明显的缺点，导致紫外线固化这种方式很快被可见光固化方式取代。它的缺点如下：①紫外线固化的深度很浅，波长越短的波穿透性越差，因此紫外线对于树脂材料的穿透性很差，如果树脂层过厚就可能出现固化不完全的情况；②紫外线对于健康的影响，紫外线对于黏膜和皮肤的照射可能造成皮肤和黏膜的损伤，最终增加罹患皮肤癌和口腔黏膜癌症的概率。

1978年首次有报道使用樟脑醌（camphoroquinone，CQ）作为复合树脂固化体系的引发剂。CQ的光吸收波谱是370～500nm，吸收峰在468nm，吸收谱大部分位于可见光区段。采用可见光引发体系使复合树脂的修复进入一个新时代。可见光固化体系相对于以前的固化体系具有一些明显的优点：①采用光照固化以后，材料可以做成单组分，避免了使用时

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

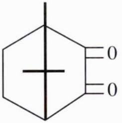


图8-1 樟脑醌结构图

的调拌操作，从而使各组分的比例能够保持稳定，提高了材料的稳定性；②采用光照固化后，材料中各种组分可以在出厂前进行均匀混合，大大减少了由于调拌操作造成的气泡和材料不均匀；③由于可见光的波长较长，因此其对于材料的穿透性得到了提高，使每次光照固化的深度显著增加；④采用可见光固化的方式延长了术者的可操作时间。从1978年至今，CQ引发体系一直是复合树脂修复采用固化方式的主流。

二、光固化灯的产生及应用发展

采用可见光作为复合树脂的固化方式，在使用中就需特殊的可见光发生器，即光固化灯，又称为光敏固化灯，其为复合树脂材料固化提供可见光范围内特定波长的冷光照射。根据光源不同可分为以下几类：石英钨丝卤素灯；等离子电弧灯；发光二极管灯；氩离子激光灯。

1. 石英钨丝卤素灯　一般简称为卤素光固化灯（quartz-tungsten halogen light，QTH），这种灯曾经是使用最广泛的光固化灯，目前仍有使用。卤素光固化灯的原理与日常使用的电灯泡的物理原理一样，即加热的物体会释放电磁波，物体温度越高，释放的电磁波波长越短。卤素光固化灯是在灯泡中充入卤素，当电流通过灯泡中的钨丝时产生热，发出可见光。为了能让灯泡发出足够短波长的光，需将钨丝加热到非常高的温度。卤素光固化灯发出的光谱是一连续的光谱，在相当宽的波谱范围内都有能量输出，因此需要配备滤光片，隔绝不需要的光谱范围能量。卤素灯发出的光谱只有少量是在需要的波谱范围内，因此，大量的能量都转化为热能而散失。研究显示，卤素光固化灯能量中只有5%转化为可见光，12%转化为热能，81%转化为红外线释放。因此卤素光固化灯的能量浪费严重，工作时候大量产热，需配备风冷系统。

2. 等离子电弧灯　等离子电弧灯（plasma arc curing，PAC）的工作原理是通过两个电极间的高压击穿氙气形成电流，产生极高的温度，发出大量紫外线，紫外线照射到涂有荧光粉的灯泡壁产生需要的光。等离子电弧灯的能量中只有不到1%转换为需要的光能，其他能量均作为热能而散失。其发出的光谱也是连续的，因此需要滤光片吸收不需要波段的能量。因其发热量很高，等离子电弧灯也需要配备风扇进行冷却。等离子电弧灯研发的目的是在不改变固化材料性能的前提下增加光强度，从而大幅度缩短固化时间。但是，其在实际的应用中并没有达到此目的。同时，研究发现高的光强度会加重热效应，结果易导致牙髓的损伤。

3. 发光二极管灯　发光二极管灯（light emitting diode，LED）是利用氮化镓材料制作的半导体来产生特定蓝光波长的装置。通过发光二极管发出的光能够限定在400 ~ 500nm这个很小的波段内，避免了采用滤光片过滤掉多余波段的光谱所造成的能量浪费。引发剂CQ的吸收曲线为360 ~ 520nm，吸收峰值在465nm，因此最佳的光源波长在450 ~ 490nm区间。早期型号的蓝光LED光固化灯产生的波长为440 ~ 500nm，释放的峰值非常接近CQ吸收的峰值465nm，较新型号的LED光固化灯能产生波长380 ~ 500nm的蓝光。如图8-3所示，CQ的吸收峰值为465nm，距离峰值越远的波长，其吸收的能量越少；LED光固化灯发出的波长越接近峰值，CQ能吸收的能量就越多。卤素光固化灯发出光的波长较多，能量分布也比较分散，因此可以利用的能量较少。第一代LED光固化灯的效果与标准的卤素固化灯相似，但随着LED技术的提高，开发出了高能LED系统，其效果越来越好。目前，

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

新型LED固化灯从光强、效率上已和高光强卤素固化灯及等离子电弧灯相差无几。此外，LED固化灯产热量低，能量转换利用率高，大部分的LED固化灯未配备冷却风扇，而且可采用电池供电。早期的LED元件发出蓝光的光密度很低，为了达到适当的光强度，需要同时使用很多的LED元件共同工作。随着技术的进步，LED元件的光密度得到很大的改善，新型LED灯能够达到2000mW/cm²，能够快速、完全地固化复合树脂。但是，高光强也会带来一些困扰，如果剩余的牙本质较薄，或者树脂的颜色较深，那么高强度光的热效应可能会损伤牙髓。

4. 氩离子激光灯　氩离子激光灯（argon-ion lasers，AL）利用氩原子激发出特定波长的激光。这种灯能够产生特定波长的光线，无需使用滤光片。但是，激发原子发出激光需要大量能量，此种设备的能量转换率也较低，因此氩离子激光灯需要较大的能量供应和冷却设备，这使得氩离子激光灯的造价高，尚未广泛投入临床应用。

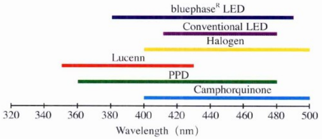


图8-2　不同光固化灯产生光的波长范围

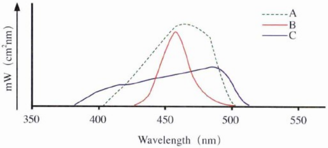


图8-3　LED光固化灯和卤素光固化灯在不同波长上的能量分布
（A：CQ吸收曲线；B：LED光固化灯能量分布曲线；C：卤素光固化灯能量分布曲线）

三、光固化技术在复合树脂多层美学修复中的应用及其优缺点

可见光引导复合树脂固化的方式使复合树脂成为美学修复的首选材料。光固化复合树脂修复相对于传统材料修复有其独特的优点：①光固化复合树脂可延长临床操作时间，为塑形提供了充足时间，材料在光照固化前均可修整外形；②光固化复合树脂摆脱了化学固化方式的双组分模式，无需在使用前调拌，简化了操作，同时降低了材料中出现气泡和组分不均匀的可能性；③光固化方式使得临床可采用分层充填方法，分层充填能够部分补偿树脂的聚合

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

收缩，减少了充填体周围微渗漏，避免了采用化学固化方式导致的向心性收缩；④现代复合树脂具有与牙体组织接近的弯曲强度、弹性模量、硬度和耐磨性等机械性能，能保证修复体在咀嚼应力的作用下行使正常的功能；⑤复合树脂与牙齿的硬组织具有一定的粘结性，能够在釉质中形成微树脂突，能与牙本质面形成交联结构，使复合树脂在Ⅳ、Ⅴ类洞的充填中不需采用辅助固位；⑥复合树脂为一种复合材料，人们能够在一定程度上改变它的材料配比，因此具有丰富的色彩可供选择。

但是，随着光固化复合树脂的广泛使用，其缺点也逐渐体现：①由于其树脂基质通过单体聚合方式固化，因此复合树脂材料中总会剩余少量单体，多数的树脂单体对于牙髓组织具有刺激性，导致了复合树脂的生物相容性不够理想，在深龋等病例中的近髓部位需要采用其他材料作为垫底或者洞衬；②复合树脂具有普通树脂的一些特点，在口腔复杂的环境中，树脂会逐渐老化、变色、性能逐渐降低，因此需要定期更换以保持充填材料的颜色；③复合树脂的基质是树脂，因此在固化过程中不可避免地会出现聚合收缩，虽然分层固化的方式能够补偿部分聚合收缩，但是不能完全避免，结果导致充填材料周围容易产生微渗漏；④虽然目前的复合树脂相对于早期的产品在性能上已有明显改进，但其相对于牙齿釉质及其他可用于牙体修复的材料来说仍存不足，在硬度、抗压强度、耐磨性能上仍需提高。

第二节　光固化复合树脂固化程度的影响因素

自从光固化复合树脂应用于临床以来，其修复牙体缺损的效果逐渐得到肯定。临床应用中发现，部分复合树脂修复治疗多年仍保持良好的色泽和完整，而部分树脂修复则在短期内出现折裂、脱落，其原因是多方面的，其中复合树脂是否充分固化为主要因素之一。大量研究表明，光固化复合树脂的固化程度受多种因素的影响。首先是材料本身的因素，包括填料大小和含量、光引发剂等；其次是光固化灯因素，包括光固化灯的波长范围、输出功率等；此外还有临床操作等因素。如果某种或某些因素不能达到要求，则可能影响复合树脂的固化程度，使其固化不充分，导致树脂充填体对牙髓细胞毒性增强，修复体折裂及边缘破损机会增加，硬度降低，动态弹性模量减小等，最终影响临床修复效果。下面就聚合材料、光固化灯及其他因素进行阐述，相关的临床操作内容将在本章第四节中详细阐述。

一、聚合材料

（一）填料大小和含量

光固化复合树脂固化反应是一个由光引导的自由基聚合反应，需要有适当波长和足够强度的光源激活引发剂体系。而复合树脂中填料的存在，会造成光的散射。随着材料厚度的增加，散射也随之增加，进入材料内部的光强度会逐渐降低。微粒物质的光散射由三种现象构成：表面反射、折射和衍射。光固化程度与复合树脂中填料颗粒的大小直接相关。随着填料颗粒的大小接近固化光波长的1/2，光在复合树脂中的散射也增加。这一散射降低了通过复合树脂的光量，从而影响复合树脂的固化。混合型填料颗粒尺寸较大，受光散射的影响较小，因而其固化深度较大。另外，高浓度填料也可能有助于提高固化深度。对于超微填料复合树脂，这种复合树脂所含无机填料极细（平均40nm），其超微填料中亚微米二氧化硅粒子的从聚作用，形成相当于固化光波长1/2大小的颗粒，其从聚作用很容易使光散射增加，从而降低固化深度。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

（二）光引发剂

复合树脂的光引发剂是有效固化聚合体以达到满意物理机械性能的基础，是光固化复合树脂不可缺少的关键组分，对材料的光固化速率和程度起决定性的作用。最常用的光引发剂是CQ，加入量通常为0.05% ~ 1%（质量分数）。CQ是双环二酮化合物，在光波长465nm处有最大吸收率，对人体无害。CQ也有一些缺点，如它的颜色为黄色，用于对颜色有要求的牙科材料时其添加量是有限制的，这同时也限制了材料的固化程度。因此，科研人员研究新的光引发剂来取代它。Park等研究一种新型光引发剂1-苯基-1，2-丙二酮（1-phenyl-1，2-propanedione，PPD）来代替CQ，结果发现同时添加PPD和CQ作引发剂的样品，其聚合程度要大于单独添加PPD或CQ的样品。另外有学者也研究了用PPD和2，3-丁二酮（2，3-butanedione，BD）作光引发剂的光固化复合树脂，与使用CQ作光引发剂的样品相比，其力学性能有所提高。PPD和BD是黄色黏性液体，而CQ在室温下为固体，所以PPD和BD树脂有更好的相容性。同时，PPD和BD的最大吸收峰λ_{max}要低于CQ，这就使得PPD和BD在树脂中的含量多于CQ，所以PPD和BD作为新的光引发剂，有利于提高复合树脂的固化程度。

（三）复合树脂的色泽和透明度

为满足临床上美学修复的需要，光固化复合树脂包括了由浅到深不同色系的产品，以供临床医师选择使用。一般而言，同等照射条件下，浅色树脂的固化深度要大于深色树脂，这一点在产品说明书中均有注明。复合树脂的颜色由下列因素决定：①复合树脂的吸收和内散射特性；②复合树脂的厚度；③背景材料的光反射性能。树脂颜色可以影响入射光的穿透力，从而影响光固化树脂深层材料的固化程度。Tirth等研究发现，光固化复合树脂的临界固化深度和透视系数受光的波长、树脂和填料的折射指数，以及填料颗粒大小、形状和数量的影响，较暗和不透明色调的复合树脂透视系数较低。由此可见，由于深色复合树脂的透射系数较低，不利于入射固化光线的穿透，因而在应用中需特别注意。临床上，不同色调的光固化复合树脂需要不同的固化技术，与浅色树脂相比，深色树脂的充分聚合可能需要采用分层修复技术、延长照射时间或增加光源强度。

二、光 固 化 灯

光固化灯是光固化复合树脂及粘结剂固化用的光源，其性能对复合树脂及粘结剂的固化有重要影响。经过多年发展，光固化灯的种类及性能均有很大的进步，目前临床应用的光固化灯有QTH、LED、PAC及AL等。

（一）光固化灯发射光的波长

波长是光源发射波长的有效带宽，波长应与复合树脂中光引发剂的吸收波长相近或一致。光固化复合树脂常用的光引发剂为CQ，其波长吸收峰值为468nm，光固化灯发射光波长越接近这个峰值，激活CQ的能力越强，因此树脂的固化程度依赖于光固化灯发射光波长的质量。

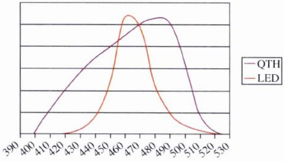


图8-4　QTH和LED光固化灯波长特征

QTH的光波波长在380 ~ 760nm之间，而LED是以大功率发光二极管阵列芯片为光源，其光波波长分布窄（440 ~ 480nm，波

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

峰波长为467nm），后者输出的波长比前者更集中于468 ~ 470nm波长附近，与复合树脂常用光引发剂CQ的吸收波长吻合性好，引发率高且光强较高。

PAC输出波长范围为380 ~ 540nm，且有效波长集中在光敏剂吸收范围，因而能量很高，甚至有厂商称等离子电弧光可在1秒内完成树脂的聚合。但近期研究结果表明，等离子弧光灯至少照射5秒以上，才能达到临床应用的需要。

AL由氩原子激活发出蓝绿色光，形成一些不连续的波长，其波长范围在450 ~ 500nm之间，与大多数光敏引发剂的吸收波长相匹配。AL输出光强较大，光强随距离增大几乎不衰减，而且波长与常用光敏剂（CQ）吻合性好，因而固化速度快，照射时间短。但是由于其辐射波长范围窄且不连续，可能与个别复合树脂或粘结剂所用光敏剂的吸收波长吻合性差，反而固化程度差。

另外，由于光引发剂的发展，不同光引发剂的吸收波长也不同，因此在选择固化灯时要注意相应复合树脂的引发剂成分。有学者研究比较QTH和LED在三个光照时间（10秒，20秒，40秒）固化分别含有CQ、PPD和BZ的三种树脂。结果提示：固化含PPD和BZ两种引发剂的树脂，LED固化灯的固化能力低于QTH，所以在选择固化灯时要注意相应复合树脂的引发剂成分。

（二）光源的功率

光源的功率又称光的强度、亮度，是光固化灯光输出单位面积每秒发射光子的数量。光固化灯的品牌不同，输出强度不同。根据输出光强度将光固化灯分为高亮度、中亮度和低亮度3个级别。高亮度光固化灯光强＞1000mW/cm^2，中亮度光固化灯的光强在400 ~ 1000mW/cm^{2}之间，低亮度光固化灯光强＜400mW/cm^2。

普通卤素光固化灯光强为400 ~ 650mW/cm^2，对各种复合树脂及粘结剂均能固化，但固化速度较低，需要较长时间照射（20 ~ 40秒）。其中一部分能量转变成热量，其光线热辐射相对LED较大。卤素光固化灯寿命较短，约40 ~ 100小时，灯泡容易老化或烧坏，反光膜及滤光片也容易老化，老化后光强下降，固化效果亦变差。故临床上使用一段时间的卤素光固化灯后要注意检测其输出光强是否降低，以免固化的复合树脂修复体不合格。

2000年投入市场的第一代LED固化灯，由多支普通LED作为光源，输出功率较低，一般为250 ~ 350mW/cm^2，其固化深度也较小。第二代LED灯的光照强度大幅提高，其光照强度可超过1000mW/cm^2，另外，LED数目的增加也提高了LED光固化灯的光强。目前的LED光固化灯最多可有63个LED。实验表明，在相同固化时间内，可以得到比卤素光固化灯优越的固化深度。LED光固化灯光强大于普通卤素光固化灯，具有较大的固化深度，其光照时间为20秒，普通卤素光固化灯为40秒，两者可取得相同的修复效果。因此LED可以缩短光固化的时间而获得与卤素灯相同的固化效果。

PAC利用充满氙气的灯泡内电极间产生电弧而发光，其光线比卤素光固化灯的光线更强，光照强度可达到1450mW/cm^2。等离子弧光灯泡需要安装在有基座的设备中，其光线通过较长且能弯曲的光导纤维束传出。等离子电弧灯长时间用高光强照射会产生较大热量，在临床应用时应考虑其可能刺激口腔软硬组织，甚至牙髓组织。还有一些研究表明长时间用高光强照射复合树脂，会引起较大收缩，在修复体边缘产生张力，出现"白线"，甚至会使紧邻的釉质边缘出现微裂纹。因此，临床应用PAC照射复合树脂应控制光照时间，具体照射时间有待进一步研究。

实验研究表明，使用同一种颜色、同一品牌的光敏复合树脂，使用不同强度的光固化机，

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

在相同的照射距离及固化时间下，高强度的光固化机对提高光敏复合树脂的单体转换率是有意义的。临床使用复合树脂时，如果照射强度小于1000mW/cm²，每次充填的厚度在1.0mm左右为宜，照射时间应在20秒以上。光固化复合树脂的固化深度与光固化灯的质量密切相关。Jandt等指出，在操作和固化树脂时，卤素光固化灯产生的热量使得灯泡、反光镜和滤光镜的质量下降老化从而降低了输出光强。同时，很多卤素光固化灯的最小输出光强并没有达到制造商要求，影响了树脂的固化程度。另外需要注意的是灯泡与光固化机的匹配问题，否则不仅容易烧坏灯泡，而且有时会使有效的光强大大降低，如Densphy的光固化机中，QHL75型光固化机需用12V、75W灯泡，而Spectrum201型光固化机需用9.8V、49W灯泡。如果201型光固化机采用75型的光固化灯泡，可能不会烧坏灯泡，而且肉眼下光固化强度没有明显降低，但实际有效光强度可能会降至150mW/cm²，甚至更低。临床应用时应引起注意。

三、其他因素

（一）电压影响

电压的变化会影响复合树脂的固化深度。每个国家的常用电压不同，就我国而言，常用电压为220V，但会出现电压浮动，能较大地影响光固化灯的输出功率，使得光固化树脂的固化程度降低，从而影响复合树脂的修复质量。在电压波动的情况下，使用光固化灯时，最好能加稳压器，使得树脂达到最大固化深度，以实现其最佳物理性能。在没有稳压器而电压略低的情况下，适当延长固化时间，也可达到较大的固化深度。有学者研究了输出电压的变化对固化灯输出功率的影响，对于一些固化灯，当电压减小10V时，可导致光强减弱30%，从而降低固化程度。

（二）固化时热效应

光固化灯产生的热量可能会增加复合树脂的固化程度，早期的研究就检测到不同的光固化灯固化时会产生能量。2003年，有学者提到不同的光固化灯固化时产生的热量在复合树脂聚合时发挥一定的作用。MSSoh等用两种不同的光固化灯固化同一种树脂，一种是极高光强（1200mW/cm²）的卤素光固化灯固化10秒，另一种是低强度光强（350mW/cm²）LED固化灯固化40秒，前者的固化总能量低于后者，但是前者固化程度高于后者，作者认为这可能是前者固化灯固化时产生的热能大于后者所引起的。

（三）不良因素的存在

复合树脂不能和丁香油类物质接触，因丁香油、氯仿、乙醚等药物能阻止树脂的固化。早期一些学者的研究发现，氧化锌丁香油糊剂经水解作用释放丁香油酚直接渗入牙本质小管和周围的牙体组织，改变牙本质的反应性和润湿性，影响树脂的聚合反应，从而降低树脂-牙本质的粘结强度。有研究认为使用37%的磷酸能够有效去除被丁香油酚污染的牙本质玷污层与玷污突，可有效减少丁香油酚对树脂聚合的不利影响。

另外，复合树脂与空气接触被氧化，形成过氧化物可抑制复合树脂的聚合反应，这一反应即氧的阻聚反应，使光固化复合树脂固化程度降低，从而影响已固化的复合树脂的长期稳定性和临床疗效。

第三节　聚合收缩

复合树脂具有高强度、高模量和低密度的优点，同时又具有操作性好、色泽选择范围

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

广、能与釉质和牙本质产生牢固结合等优点，从而广泛应用于口腔修复领域。但其固化收缩是造成牙体修复失败的主要原因。由于这种收缩，树脂与牙齿的粘结强度、树脂及牙体本身的强度均会受到不良影响。Giachetti 等（2007）的研究发现在此收缩过程中，树脂周围的牙体组织作为约束因素阻止了树脂应变的发生。树脂聚合是一个黏塑性到刚弹性的转化过程，当树脂获得弹性模量，其刚性阻止树脂弹性流动，产生了收缩应力。Calheiros 等（2004）和 Abbas 等（2003）指出在收缩力超过树脂-牙本质粘结力的区域时将出现缝隙，造成微渗漏（microleakage），进而产生继发龋（secondary caries）和术后敏感（postoperative sensitivities）等。收缩应力还可导致釉质裂纹和牙尖移动；对严重缺损的牙齿可导致薄弱洞壁的变形甚至局部折裂；树脂固化收缩应力的长时间存在也使树脂本身的抗折强度降低，在承受咬合力时薄弱部位容易出现材料的断裂。诸如此类原因都会影响修复材料的使用寿命或者导致牙体修复的最终失败，所以非常有必要了解聚合收缩产生的原因，并能够提出相应的临床解决措施。

一、聚合收缩产生的原因

复合树脂的聚合主要是树脂基质单体的聚合。树脂基质主要有双酚-A-双甲基丙烯酸缩水甘油酯（Bis-GMA），氨基甲酸酯双甲基丙烯酸酯（UDMA），双甲基丙烯酸二缩三乙二醇酯（TEGDMA）。其共同结构是均含有2个甲基丙烯酸酯官能团，在引发体系存在下，甲基丙烯酸酯官能团可以进行均聚反应，也可以进行共聚反应。其中1个官能团参与聚合物主链的聚合反应，另1个官能团形成交联反应，从而使基质单体形成三维的网状结构交联聚合物。Rueggeberg 等（2002）指出由于聚合前的树脂基质单体均为小分子化合物，在聚合反应过程中分子间距离0.3 ~ 0.5nm转化为长度0.15nm的共价键距离，在微观上，分子间的作用由范德华力转化为共价键结合，因此发生了体积收缩效应；再者，单体的密度较小，所生成的聚合物密度较大，当两者的质量不变时，宏观上的表现必然是发生体积收缩。聚合性收缩的大小主要受单体分子量的影响，即分子量越小，聚合性收缩越大。Ellakwa 等（2007）指出由于 Bis-GMA、UDMA 的黏度很大，不能够混入足够量的无机填料，难以获得所需要的增强效果和可塑性。为了解决这个问题，就要加入低黏度的稀释单体 TEGDMA，而 TEGDMA 分子量更小，其含量越多，复合树脂的聚合性收缩越大，所以复合树脂不可避免地会发生聚合性收缩。

Dewaele 等在2006年归纳提出复合树脂聚合反应过程中的体积收缩主要包含以下3个来源：①化学收缩：固化过程中复合树脂基质单体的范德华力分子间距离变为共价键距离所致；②热收缩：树脂的固化是一放热反应，热收缩产生于树脂恢复至室温的过程中；③后收缩：聚合后24小时，系统的玻璃化引起铰链结构中基团的冻结，从而导致体积收缩。

二、聚合收缩产生的后果

Tantbirojn 等（2004）指出多数复合树脂的聚合性体积收缩范围在1.5% ~ 3.0%之间，而其聚合性收缩导致了复合树脂与牙体组织之间形成数微米的边缘缝隙（marginal gap），最终导致食物残渣和各种微生物进入缝隙中，并在此繁殖，这是产生边缘微渗漏的一个重要原因。而边缘微渗漏会诱导修复体边缘着色，充填后牙齿敏感，甚至会引发继发龋和修复体的松动脱落，从而影响牙体修复治疗的成败。大量研究表明，来自复合树脂聚合性收缩的应力可以使牙体组织或充填体产生应力而发生形变，这种情况也会造成粘结失败、釉质裂纹扩大和术后敏感等。复合树脂的聚合性收缩严重影响了修复体粘结的远期疗效。Braga 等（2005）的研究表明，如果复合树脂修复体与两个以上的牙本质壁接触，复合树脂固化所产生的收缩应

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

力可以超过粘结力，从而导致修复体与牙体硬组织的分离。收缩应力可以导致以下临床效应：

1. 术后敏感　术后敏感有很多原因。在较深充填区域形成的收缩应力是一个可能的因素。更准确地说，在牙体、粘结剂和复合树脂界面之间产生的收缩会使自身产生放大效应即泵效应（pump effect），导致咀嚼痛等。

2. 边缘缝隙　聚合收缩在充填体较薄的区域表现得更为明显。多年来的观点认为窝洞的边缘预备很重要，并且预备边缘斜面以形成釉质/复合树脂过渡区，这样更易掩盖聚合收缩导致的边缘缝隙。较薄充填材料的区域承受负载能力较弱，易磨耗和折断，这种磨损可通过染色观察到，染色材料可渗透进入牙体组织和材料之间。

3. 继发龋　主要是边缘缝隙产生的结果，细菌进入到牙体组织与充填材料之间，继而产生龋坏。

4. 断裂　在力学方面，过度的聚合收缩可以导致断裂。这种断裂可以是一种粘结性的断裂（发生在复合树脂与牙体结构之间的连接处），也可以是一种整体的断裂（发生在一个结构中，复合树脂或牙体组织），或者是混合性的断裂。

三、影响聚合收缩应力大小的因素

Sakaguchi 等（2004）归纳了影响复合树脂聚合收缩应力大小的因素，主要有复合树脂的组成、窝洞形态和临床操作等。

（一）无机填料

无机填料是复合树脂的组成成分之一，大体积分数的填料是减少聚合收缩的基础。Giachetti 等（2007）和 Calheiros 等（2004）学者提出增加填料的体积分数可减少树脂的体积收缩，从而降低收缩应力；另一方面，增加填料使弹性模量的获得加快，而后者是聚合收缩应力形成的主要因素。通常认为，材料获得弹性模量越快，应力越高。那么，体积收缩和弹性模量是如何共同影响树脂的收缩应力呢？Braga 等（2005）认为在相对较窄的收缩值范围内，弹性模量获得的快慢是决定应力发生发展的主要因素；反之，在较广的收缩值范围内，体积收缩是决定收缩应力的主要因素。Atai 和 Watts（2006）研究发现，收缩应力的降低与填料体积分数的增加呈线性关系，可用以下公式表示：$\varepsilon_{total}=\varepsilon_m\Phi_m=\varepsilon_m$（$1-\Phi_f$），其中，$\varepsilon$ 代表收缩，Φ 代表体积分数，m 代表基质，f 代表填料。新型纳米复合树脂中的填料颗粒直径仅为 20 ~ 100nm。由于广泛的颗粒分布，纳米复合树脂中填料的质量极高，产生的聚合收缩也相应较小。

（二）树脂基质

树脂基质是复合树脂的主体成分，赋予树脂可塑性、固化特性和强度。Kleverlaan 与 Feilzer (2005) 和 Braga 等 (2005) 提出树脂基质中稀释单体的相对分子质量通常比聚合单体低，增加稀释单体可提高聚合碳碳双键密度，增加收缩；此外，稀释单体可增加反应环境的可动性，提高转化率，亦造成收缩增加。Dewaele 等（2006）提出通过加入减少树脂单位体积双键数的分子，可在不改变转化率和机械性能的同时减小树脂的聚合收缩。Okamura 等（2006）和台湾学者 Chen 等（2006）研制了分别以环氧树脂和多官能团丙烯酸酯聚合物为基质的新型树脂，其收缩应力较以 Bis-GMA 为基质的树脂低。

（三）其他成分

其他成分包括引发剂、协助引发剂、抑制剂和着色剂等。Kleverlaan 与 Feilzer（2005）指出通过改变其具体成分或比例，可减慢固化速率而不改变最终的聚合程度。理论上固化速率的减慢有利于缓解应力，从而降低收缩应力，对此尚需进一步研究证实。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

(四) 聚合转化率

复合树脂中单体向聚合物转化的比例即聚合转化率。转化率越高，聚合的单体越多，聚合收缩应力越大。Lim等（2002）和Braga与Ferracane（2002）研究证实，降低转化率可以有效地减少收缩应力水平，但低转化率可能会对材料的某些机械性能产生影响。

(五) 弹性模量

Feilzer等（1990）的体外试验证实，在收缩过程中，界面间应力与材料的弹性模量相关。在收缩量不变的情况下，弹性模量最高的材料引起的应力最大。根据胡克定律，应力等于收缩体积与弹性模量的乘积。Ausiello等（2001）运用三维有限元法分析发现，在相同的咀嚼载荷下，高硬度的复合树脂引起牙尖的变形移位较大，充填材料的弹性模量与修复成功密切相关。

(六) 窝洞形态

牙体形态和龋坏范围决定充填窝洞的形态。窝洞构象因素（cavity configuration factor）又名C因素（C-factor），Davidson于1984年提出了C因素的概念，即定义为充填窝洞的树脂表面被限制面积（粘结面积）与自由面积（非粘结面积）的比值。Feilzer等（1987）通过试验显示了不同C因素充填体聚合应力的形成。在C因素较低的平坦或较浅的洞型，材料的聚合收缩只限制在一个方向，树脂在早期硬固阶段可以自由流动，从而防止了聚合收缩产生应力。而C因素越高，树脂受到的约束越大，其流动能力越小，收缩应力就大。Braga等（2005，2006）指出在窝洞体积相似的前提下，C因素愈高，复合树脂充填体的聚合收缩愈大（图8-5）。同样体积的Ⅰ类窝洞，深而窄窝洞的自由面积比例小，C因素高，充填树脂的收缩应力大；浅而宽窝洞的树脂收缩应力相对较小。若窝洞体积不同，聚合收缩及其导致的界面裂隙与C因素联系极小。Santos等（2006）和He等（2007）研究发现充填C因素高的窝洞时，使用分层充填和分步固化方式可有效减少聚合收缩应力。

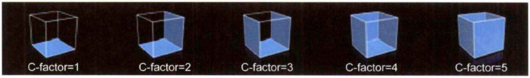


图8-5　C因素增大，牙体与修复体界面之间的应力也增加
（引自贺利氏维纳斯操作指南第4章）

(七) 临床操作（在第四节中详细阐述）

目前所应用的复合材料的体积收缩大概是2.7%（例如Venus，Heraeus Kulzer），经过测试，一些复合材料体积的收缩可以少于1%，这是八九年前所不可思议的。这证实了一种乐观的观点：收缩将不再是一个问题。但是目前，聚合收缩仍然是导致光固化复合树脂修复失败的主要原因。总之，复合树脂的聚合收缩受多种因素影响，不只是与树脂本身的特性相关，而是一个与牙体和充填体性质、洞型和修复方法等因素共同相关的过程，各影响因素之间的相互作用尚未完全明了。根据窝洞具体情况选择适宜材料，并通过改良材料性能、改进临床操作，可减小复合树脂的聚合收缩应力，减小聚合收缩，从而减少微渗漏、术后敏感、釉质裂纹和牙尖移动，进而提高树脂充填修复的成功率，以达到最好的充填修复效果。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

第四节　光固化技术在多层美学修复中的临床应用

一、增加光固化复合树脂固化程度的相关临床操作

光固化复合树脂因具有临床操作时间长、固化时间短和保存期长等优点在临床上被广泛应用。光固化树脂在聚合过程中受多种因素的影响，如光固化灯的投照方式、光照时间、照射距离等，下面将分别讲述。

（一）投照方式

光固化灯的投照方式对复合树脂的固化有着重要的影响。2002年国内有学者研究，根据光固化灯投照方式的不同分为两组，A组将光源置于未充填牙体表面，紧贴牙体，透过牙体照射树脂；B组光源距树脂表面2～4mm，对着树脂中心部位，光固化树脂的固化方式为趋光性分层固化，在树脂表面投照，由于树脂固化收缩，可能使树脂与牙体之间形成间隙。A组采用的方法可使树脂与牙面紧密接触，不会形成间隙。由于照射要通过牙体，因此所需固化时间较长，对于要遮色处理的牙齿，必须在树脂表面加照使之完全固化。另有学者认为中心点照射方式会导致远离光照区的周边难以完全固化，采用移动方式光照基本上可以达到完全固化，但要求操作者来回移动固化灯，如有不慎将光固化灯头触及树脂表面，使树脂黏附在灯头，会造成光的强度减弱，从而影响树脂固化。

（二）光照时间

照射时间是光固化复合树脂操作中临床医生可以控制的因素之一。固化深度和照射时间在一定范围彼此密切相关，一般每层材料固化的照射时间是20～40秒，照射时间延长，可增加固化深度，但不呈正比。对于临床上较深厚（>2mm）的可见光固化树脂修复物，应将照射时间延长到60～80秒；对于深色材料而言，照射时间还应更长些，以使深层材料充分固化，从而获得最佳的机械性能。如照射时间增加一倍，固化层深度约增加1/10～2/10，随着照射时间延长，增加的固化深度越小，至120秒已接近极限。光固化树脂固化后在表层下0.5～1mm处表面硬度最高，随着深度增加，硬度逐渐下降。另有研究认为，连续增加一倍照射时间，其固化深度不如间隔一段时间再照射同等时间的效果好，因为光照停止，树脂还会继续固化。还有实验表明对于中低亮度的光固化灯适当延长光照时间可以提高复合树脂的转化率，对于1mm厚的复合树脂光照60秒可以得到最大的转化率。

（三）照射距离

有学者通过光固化复合树脂的固化深度测试结果表明，光固化灯导光头与复合树脂的距离在3mm以内时固化效果最佳，距离延长，固化深度减小；照射距离在10mm时，其固化深度为在3mm距离内固化深度的9/10～7/10。当距离为2mm时光的特性会下降到61%；距离为6mm时光的特性会下降到23%。在临床应用时，照射距离最好在3mm以内，导光头难以接近的部位，应按其距离延长照射时间。因此光照时间还与光和树脂表面的距离有一定关系。

（四）光固化灯的照射模式

常用的照射模式有三种：渐进模式、快速模式、脉冲模式。渐进模式照射是前几秒光强逐渐增至最大，剩余时间持续用最强光强照射；快速模式是持续用最大光强照射；脉冲模式是间断用最大光强照射。就固化反应本身而言，光照强度会影响复合树脂修复体的边缘完整性和封闭性，采用渐进式照射模式可以提高树脂与窝洞之间的适合性。有学者采用传统方

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

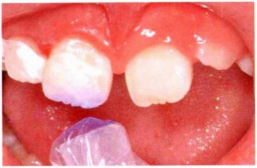


图8-6 非接触式固化



图8-7 接触式固化

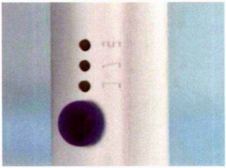


图8-8 光固化灯常见的三种固化模式（从上到下依次是脉冲模式、渐进模式和快速模式）

法照射（400mW/cm^{2}照射40秒）后，用电镜放大2000倍观察到光固化后牙本质和树脂之间产生了10μm的微裂隙；而采用渐进模式照射后（0 ～ 400mW/cm^{2}照射30秒，然后再用400mWcm^{2}照射20秒），用电镜放大2000倍观察到树脂与牙本质界面结合紧密，未出现微裂隙。

二、减小聚合收缩量的相关临床操作

（一）固化方法

1. 光固化灯　目前关于不同光固化灯对树脂聚合收缩的影响程度尚不清楚。国内有学者比较新型光固化灯（LED、PAC）与传统QTH对光固化复合树脂固化深度的影响。结果表明在相同条件下，不同光固化灯照射光敏复合树脂的固化深度不同，两种新型光固化灯与传统卤素灯相比照射时间短，固化深度大。然而国外有学者认为，QTH、LED、PAC和AL光固化系统用于充填Ⅱ类窝洞时，其树脂聚合收缩，形成微渗漏无显著差异。Ilie等（2005）认为与传统卤素灯相比，采用低强度LED固化设备能有效减少收缩应力。

2. 光固化模式　弱启动固化模式包括分步固化、脉冲延迟、逐渐增强和振荡模式。弱启动固化模式在降低收缩应力、改善边缘完整性的同时，可保持树脂的转化率和机械性能。弱启动固化的初始阶段使用低强度光，继而使用高强度光。研究认为，初始光强度应小于100mW/cm^2，低强度光照时间小于5 ～ 7s，低强度光照与高强度光照时间间隔至少2min。弱启动模式对树脂充填物边缘完整性的影响目前仍有争议。利用弱启动技术可以使树脂在聚合过程中达到更好的边缘封闭，扩大预凝胶相以减少由于树脂聚合收缩时所产生的应力。然而有部分学者认为弱启动固化使树脂聚合链延长，铰链物减小，影响聚合物的机械性能。

（二）流动树脂衬洞

流动树脂的填料质量较传统树脂少20% ～ 25%，弹性模量低。其作为洞衬剂，充填于混合层和复合树脂之间可提高洞壁的顺应性和均匀应力分布，从而吸收和缓解部分聚合收缩应力，减少微渗漏。目前，将流动复合树脂作为垫底材料来减少聚合收缩应力尚有一定争议。Cunha等（2006）通过实验认为，在复合树脂充填时，以流动复合树脂垫底能减小收缩应力。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

Haak等（2003）也发现，用流动复合树脂垫底能明显减少微渗漏，获得更好的边缘封闭性。但是Braga等（2001）通过研究却得出相反的结果。因此，流动复合树脂作为垫底层能否起到释放应力的作用，尚需要进一步的深入研究确定。

（三）选用复合树脂的组分

1. 无机填料　无机填料是复合树脂中必不可少的部分。有研究表明随着无机填料含量的增加，复合树脂机械强度加强，聚合应力变小，聚合性收缩也随之变小。由于无机填料本身不会发生聚合，也就不会发生收缩，因此无机填料的颗粒越大，其含量越多，聚合性收缩也就越小。临床上应用的一般树脂填料其直径在400nm以上，而纳米复合树脂中的填料颗粒直径仅为20 ~ 100nm。Condon等（2002）发现，将纳米填料添加到混合型树脂，可降低31%的收缩应力。同时，无粘结性纳米颗粒比粘结性纳米颗粒具有更好的降低收缩应力的作用。这是由于无粘结性的纳米填料分布于树脂基质中，可通过局部塑形释放应力，有效地降低收缩应力。有人在无机填料中加入氨改良的催化剂（NH/MMT），由于含有NH/MMT的树脂在固化时可以提高温度，导致NH/MMT的体积膨胀，从而部分抵消聚合性体积收缩。

2. 树脂基质　树脂基质是复合树脂的主体成分，赋予树脂可塑性、固化特性和强度。树脂单体的分子量大小、位阻现象、聚合反应转化率和基础树脂/稀释剂的比例大小都对聚合收缩程度起关键作用。研究表明在一定范围内，基础树脂/稀释剂所占比例越大，越能有效降低树脂的黏性并且有利于C=C解链，使得Bis-GMA的转化率越高，反应越快，硬度发展也越快，最终增强树脂的聚合收缩作用。此外，稀释单体可增加环境反应的可动性，提高转化率，亦造成收缩增加。国外有学者提出通过减少树脂单位体积双键数的分子，可在不改变转化率和机械性能的同时减小树脂的聚合收缩。另有学者研制了分别以环氧树脂和多官能团丙烯酸酯聚合物为基质的新型树脂，其收缩应力较以Bis-GMA为基质的树脂低。

3. 引发体系　引发体系在复合树脂中含量较少，但引发剂的含量过低会降低单体转化率，使残留单体多，从而使聚合性收缩应力降低，降低聚合性收缩，但残留的单体过多会影响复合树脂的机械性能。有研究发现在引发初始阶段如果降低起始能量，单体的转化率影响不明显，但收缩应力却明显降低，从而降低聚合性收缩率。

4. 其他　在树脂材料中还有阻止剂，有报道随着阻止剂含量的提高，聚合反应转换率就低，当阻止剂浓度超出1%时，聚合反应转换率可能会受到影响而降低。在不考虑最终聚合反应转换率影响的前提下，阻止剂浓度的增加能降低树脂固化率和收缩应力。

（四）充填方法

充填方法是影响收缩应力的重要因素。传统观点认为，采用分层充填代替整体充填能降低聚合收缩应力。在分层充填过程中，每一层树脂的收缩可由下一层进行补偿，因此，只有最后一层的聚合收缩能够对粘结界面产生破坏。而且，由于其降低了C因素，树脂与洞壁的接触最小化，树脂在固化过程中可以流动，进一步减少了收缩应力。

近年来，一些学者对分层充填能否降低聚合收缩应力提出质疑。Jedrychowski等（1998）认为，整体充填产生的收缩应力较分层充填小。Loguercio等（2004）认为，只有C因素较高时，分层充填引起的聚合收缩才较小，但洞壁裂隙宽度和粘结强度与整体充填无差别。Kuiis等（2003）应用三维有限元法分析后也认为，不同充填技术产生的收缩应力无明显差别。另有其他研究表明，分层充填并不能减小应力或增强边缘封闭性，因为在光照结束时，树脂只发生70% ~ 85%的聚合收缩，5min后达到93%，这意味着下一层充填物并没有代偿上一层

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

的收缩。但是分层充填技术具有操作方便、固化全、更易塑形等优点，因此临床上仍广泛推荐使用分层充填技术。

（五）C因素

充填C因素高即粘结面积/非粘结面积比值高的窝洞时，使用分层充填和分步固化方式可有效减少聚合收缩应力。所以在临床应用中应尽量减少树脂的粘结面积。还可以在体外模型上制作复合树脂修复体，然后将修复体粘固到制备好的洞型内，间接修复能避免体积收缩增加修复体边缘的密合性，并使修复体获得良好外形与邻面接触，使修复的临床效果显著改善。

另外，“堆塑修复技术”（incremental build-up technique）的应用亦可减小C因素，从而降低界面间的收缩应力。采用这项技术时，需要保证堆塑的每层树脂厚度不超过2mm，并且每次堆塑时接触的牙面数达到最小（图8-9）。



图8-9　应用“堆塑修复技术”减小C因素从而降低界面间的收缩应力
（来源于贺利氏维纳斯操作指南第4章）

三、光固化技术临床操作时的保护措施

光固化灯的导光头非常重要。保持导光头清洁的一个简单方法是用薄膜覆盖灯的顶部，因此每位患者应更换此薄膜以防止交叉感染。

光固化灯的光强度应定期用灯辐射计来检查。如果光输出不充足，应检查光导波以确保其完好，而卤素灯，如有必要应更换灯泡。

在照射过程中应做防御性的保护或戴防护眼镜，因为光固化灯的射线会损害视网膜。

（南方医科大学口腔医学院　吴补领）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

9 第九章

修形与抛光

第一节　修形与抛光的目的

修复体的修形（finishing）和抛光（polishing）是粘结修复技术中的最后一个环节。无论是直接修复或间接修复，也无论修复材料类型，修形和抛光对于粘结修复质量至关重要。

与实验室制作的间接复合树脂修复体相比，直接复合树脂修复时，通常很难获得非常光滑的表面。这是因为复合树脂存在聚合收缩，以及树脂表面的氧阻聚层会导致表面聚合不全，因此在分层填充时会超填，使得修复体略高出牙面。为了边缘密合，牙体结构和修复体之间应保留一些多余的复合树脂，使其能覆盖于修复体的边缘。因此填充完成后，牙和修复体之间的边缘以及外表面肯定残留有多余的复合树脂材料。

修复后残留于牙面的材料，表面粗糙不规则，能促进菌斑形成或色素沉着，最终影响修复效果。相反，良好修形抛光后的光滑表面有助于增加修复体使用寿命，避免菌斑聚积，减少边缘区域和表面的着色。

从美容学观点看，细致的修形和抛光对于维持粘结修复美学效果具有重要性。除了前述的各种理由外，缺乏良好的修形与抛光还可能损害美学效果，特别是当光线从不同角度分布在剩余牙面上时更是如此。

不管使用何种修复材料，修形和抛光要达到以下目标：

(1) 实现牙和修复体边缘的自然过渡；

(2) 改善牙体/牙周结合部位的延续性；

(3) 对形态或边缘上有缺陷的部位进行修整；

(4) 在牙边缘和可视区域能早期发现龋损的征兆。

第二节　复合树脂类型对抛光的影响

修形及抛光时必须认真考虑不同复合树脂材料的固有特征，其效果主要受到填料粒度大小的影响，填料粒度越小，则材料的抛光性能越好。

超微填料复合树脂较大分子填料复合树脂更易抛光。传统的大分子填料复合树脂的表面抛光后可能形成不规则表面。这是因为围绕填料分子周围的树脂基质成分抗摩擦力太低所致。因此，目前在临床上推荐使用混合型小分子填料复合树脂，其填料粒度平均 $< 1\mu m$。混合型复合树脂既能保留复合树脂的物理学特性，具有较好的强度，同时又具有很好的抛光性

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

能（图9-1，9-2）。

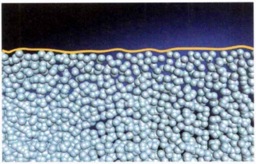


图9-1　微粒填料复合树脂

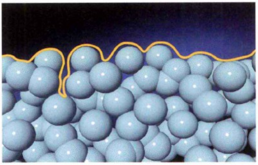


图9-2　大分子填料复合树脂

第三节　修形器械与使用

在修形和抛光时，通常按不同区域使用不同器械，按一定的顺序完成，修复体才能获得最佳的表面质量和牙体外形。

1. 修形使用的器械

手用器械，如手术刀片、刮器等，用于清除洞缘多余的材料；

金刚砂钻，分粗颗粒（粒度30 ~ 40μm）和细颗粒（粒度15μm）两种，用于咬合面调整以及形成各种表面结构（图9-3）；

碳化钨钢钻，规格为12刃；

牙线。



图9-3　复合树脂修形抛光套装中的各型金刚砂石针

2. 橡皮障的拆除　修形开始时仍然需要放置橡皮障，以防止器械误吞，保护口腔组织及确定修复体边缘。在完成了颊舌面和邻面的修形后，可拆除橡皮障，进行咬合面的修整成形。

拆除橡皮障后，应认真检查牙冠解剖形态、邻面接触点和接触区以及静态和动态的咬合状况。咬合检查必须包括工作侧和平衡侧的前伸运动。早接触点和牙/修复体界面产生的过度负荷是粘结修复失败的主要原因之一。

拆除橡皮障后，还要检查牙颈缘是否有残余粘结剂。这些多余材料只有拆除橡皮障后才能被发现，其存在可能对局部牙龈造成刺激，使患者感觉不适。

3. 器械使用　选用合适形态的金刚砂钻修整不规则的咬合面，消除早接触点。首先用粗金刚砂钻调磨，然后用细金刚砂钻修整，继之用可弯曲的金刚砂碟修形，粒度由粗到细。使用钨钢钻也可达到良好效果。

用无极变速手机完成上述操作，同时要大量喷水以防止高温损伤牙和修复体。

修形后用探针检查修复体边缘，保证牙与修复体界面完美（图9-4，9-5）。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

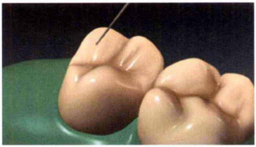


图9-4　修形后以20μm探针检查窝洞边缘，以发现是否存在不规则表面裂隙或有多余材料

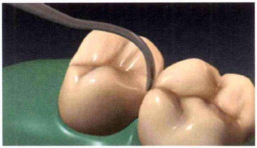


图9-5　牙周刮治器可用于去除多余的粘结材料

第四节　抛光器械与使用

1. 抛光器械

抛光杯、抛光尖、抛光碟，材质为硅橡胶，用于光滑面和咬合面（图9-3）；

金刚砂抛光碟，粒度由粗到细，可弯曲，用于牙间和边缘嵴；

抛光条，用于邻面牙颈部和轴壁洞缘抛光；

硬毛刷，用于抛光窝沟点隙；

软毛刷，配合抛光膏使用；

金刚砂抛光膏，粒度由3μm至1μm；

氧化铝抛光膏。

2. 器械使用　抛光器械配合慢速手机使用，并采用低速转动（图9-6）。硅橡胶材质的抛光器械具有较细切削能力，可产生热量，使用时应采取冷却措施。抛光时可配合使用一些抛光膏，以获得更佳效果（图9-7）。

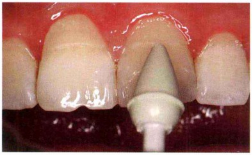


图9-6　抛光器械配合慢速手机使用

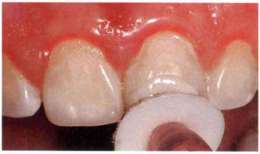


图9-7　使用抛光膏抛光

第五节　修形与抛光步骤

1. 前牙修复体的修形与抛光　前牙修复体修形和抛光时，需正确观察邻牙状况，邻牙的光泽可给术者提供选择色泽的参考。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

前牙修复体修形抛光程序如下：

（1）手动器械去除多余材料；

（2）用抛光条清理邻面，由粗到细（图9-8）；

（3）用金刚砂钻修形表面，形成表面质地（图9-9）；

（4）用变速手机以钨钢钻修形表面；

（5）硅橡胶抛光器械抛光修复体表面（图9-10、9-11）；

（6）以软毛刷蘸抛光膏进行抛光（图9-12）；



图9-8　使用邻面抛光条抛光邻面

（7）最后用氧化铝抛光膏和抛光轮进行抛光，也可用硬毛抛光刷完成。

抛光程序可以适度简化，这取决于复合树脂的硬度、填料颗粒大小和成分，以及修复体相邻牙列的特征。为取得最佳效果，仍需按一定程序完成操作。修形后，修复体表面应该作精细抛光以增加其折射特性，可使用清洁和干燥的羊毛刷来完成。

最后一次复诊时，应拍摄殆翼片或根尖片，以确定其边缘密封，检查修复体内侧边缘完整和邻面状况。如存在任何的边缘间隙或多余的复合树脂，均能在X线片上显示。

从美学角度看，釉质长时期脱水后表面呈白垩色，色度可能升高，这将给修复体和邻牙的颜色匹配造成误导。需告知患者，釉质水化后几小时牙的色泽可恢复到原始状态。

2. 后牙修复体的修形与抛光　对后牙修复体进行修形和抛光时，主要目标是尽可能使修复体表面光滑，以避免菌斑沉积。

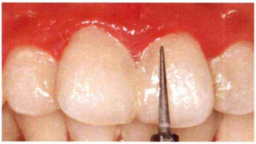


图9-9　金刚砂钻修形表面



图9-10　硅橡胶抛光器械抛光修复体表面

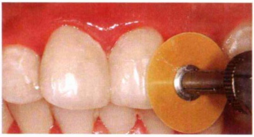


图9-11　抛光碟抛光修复体表面

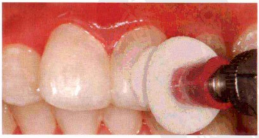


图9-12　抛光膏抛光表面

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

修形与抛光应包括下列步骤：

（1）去除橡皮障，检查咬合（图9-13）；

（2）手动器械清除多余材料；

（3）抛光条抛光邻面以减少其表面粗糙度（图9-14）；

（4）用慢速手机和钨钢钻修形颊舌面；

（5）钨钢钻调磨咬合面（图9-15）；

（6）以硅橡胶抛光器械抛光修复体表面，使其变光滑（图9-16）；

（7）软抛光刷蘸金刚砂抛光膏由粗到细逐步抛光（图9-17），最后使用抛光轮和氧化铝抛光膏进行高亮抛光，也可使用硬毛刷进行抛光。

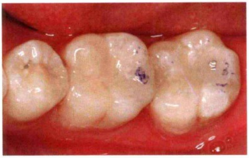


图9-13　检查咬合

最后一次复诊拍摄殆翼片或根尖片，以确定边缘是否密封，检查修复体内侧边缘完整以及邻面情况，边缘间隙或有多余的复合树脂均能在X线片上显示。



图9-14　抛光条抛光邻面

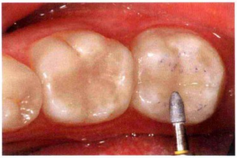


图9-15　钨钢钻调磨咬合面



图9-16　硅橡胶抛光尖抛光咬合面

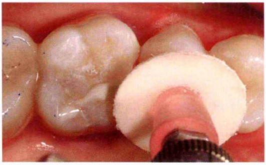


图9-17　软抛光刷蘸抛光膏抛光

（武汉大学口腔医学院　樊明文）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

参 考 文 献

1. Sumita B. Mitra, Dong Wu, Brian N. Holmes. An application of nanotechnology in advanced dental materials. J Am Dent Assoc, 2003; 134: 1382-1390

2. Sabbagh J. Golden rules for successful composite resin restorations. Dent Today, 2009; 28 (2): 142, 144-145

3. Jackson RD. Today's composite resins part 1: versatile, aesthetic, and conservative. Dent Today, 2009; 28 (7): 116, 118-119

4. Jackson RD. Today's composite resins part 2: versatile, aesthetic, and conservative. Dent Today, 2009; 28 (8): 104, 106-107

5. Venus®, Step by Step Guide. Layering-technique. Heraeus Kulzer

6. Dietschi D. Layering concepts in anterior composite restorations. J Adhes Dent, 2001 spring, 3 (1): 71-80

7. Hervás-García A, Martínez-Lozano MA, Cabanes-Vila J, et al. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. Med Oral Patol Oral Cir Bucal, 2006, 11: 215-220

8. Stein PS, Sullivan J, Haubenreich JE, et al. Composite resin in medicine and dentistry. J Long Term Eff Med Implants, 2005, 15: 641-654

9. Santini A. Current status of visible light activation units and the curing of light-activated resin-based composite materials. Dent Update, 2010, 37: 214-237

10. Bowen RL, Marjenhoff WA. Dental composites/glass ionomers: the materials. Adv Dent Res, 1992, 6: 44-49

11. Chen MH. Update on dental nanocomposites. J Dent Res, 2010, 89: 549-560

12. Krämer N, Lohbauer U, García-Godoy F, et al. Light curing of resin-based composites in the LED era. Am J Dent, 2008, 21: 135-142

13. Rueggeberg FA. From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. J Prosthet Dent, 2002, 87: 364-379

14. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. J Dent Res, 1984, 63: 1396-1399

15. Davidson CL, de Gee AJ. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. J Dent Res, 1984, 63: 146-148

16. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. J Dent Res, 1987, 66: 1636-1639

17. Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Relaxation of polymerization contraction shear stress by hygroscopic expansion. J Dent Res, 1990, 69: 36-39

18. Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. Dent Mater, 2005, 21: 962-970

19. Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. J Dent, 1997, 25: 435-440

20. Calheiros FC, Sadek FT, Braga RR, et al. Polymerization contraction stress of low-shrinkage composites and its correlation with microleakage in class V restorations. J Dent, 2004, 32: 407-412

21. Atai M, Watts DC. A new kinetic model for the photopolymerization shrinkage-strain of dental composites and resin-monomers. Dent Mater, 2006, 22: 785-791

22. Ellakwa A, Cho N, Lee IB. The effect of resin matrix composition on the polymerization shrinkage and rheological properties of experimental dental composites. Dent Mater, 2007, 23: 1229-1235

23. Visvanathan A, Ilie N, Hickel R, Kunzelmann KH. The influence of curing times and light curing methods on the polymerization shrinkage stress of a shrinkage-optimized composite with hybrid-type prepolymer

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

fillers. Dent Mater，2007，23：777-784

24. Lee IB，Cho BH，Son HH，Um CM，Lim BS. The effect of consistency，specimen geometry and adhesion on the axial polymerization shrinkage measurement of light cured composites. Dent Mater，2006，22：1071-1079

25. Ogunyinka A，Palin WM，Shortall AC，et al. Photoinitiation chemistry affects light transmission and degree of conversion of curing experimental dental resin composites. Dent Mater，2007，23：807-813

26. Henkel AG &Co. KGaA，Corporate Communications. New resin technology for advanced composites. 2010，April 7.

27. F Cardona，T. AravinthanJ. Fedrigo，C. Moscou. Synthesis of Phenolic Bio-resins For Advanced Composites in Civil Engineering Structures. Australia，Queensland：Southern region Engineering Conference，2010

28. 孙少宣. 美容牙科学. 北京：人民卫生出版社，2002

29. 姚江武，高承志. 现代口腔色彩学. 厦门：厦门大学出版社，2000

30. 巢永烈. 口腔修复学. 北京：人民卫生出版社，2011

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

PDG

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

临床病例篇

PDG

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

复合树脂多层美学修复

——基础理论与临床

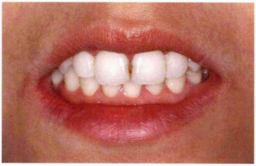
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

I . 前牙龋齿复合树脂修复

病例Ⅰ-1

患者，女性，中切牙邻面间隙变色要求修复。

11、21邻面间隙宽、着色，腭侧见充填物变色，探（-）、无明显裂隙、冷测正常，叩（-）。12远中切角缺失，探（±），叩（-）。诊断：11与21间隙宽、充填物变色；12切角缺损。治疗方案：复合树脂粘结美学修复。粘结充填修复材料：美于自然Venus复合树脂、iBOND SE粘结剂（德国，Heraeus Kulzer Dental Ltd），Bluephase LED光固化机（列支敦士登国，Ivoclar Vivadent）等。



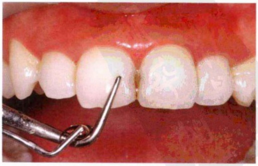
图Ⅰ1-1　前牙间隙，术前咬合关系及口周状态



图Ⅰ1-2　术前，11、21邻面间隙宽，充填物变色

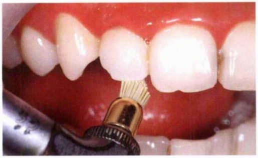


图Ⅰ1-3　11、21腭侧面观见充填物变色

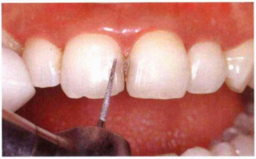


图Ⅰ1-4　牙面超声清洁

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



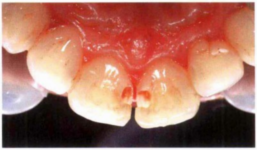
图Ⅰ1-5　牙面抛光扫清洁



图Ⅰ1-6　牙体预备



图Ⅰ1-7　去除充填物



图Ⅰ1-8　洞型制备



图Ⅰ1-9　美于自然Venus比色板比色、配色、选用Venus A2、A3、T2



图Ⅰ1-10　美于自然Venus比色板比色、配色、选用Venus A2、A3、T2

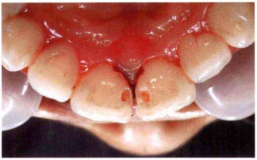


图Ⅰ1-11　美于自然Venus比色板比色、配色、选用VenusA2、A3、T2

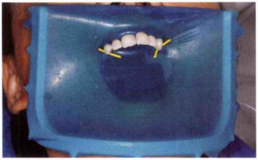


图Ⅰ1-12　置排龈线排龈，正面观

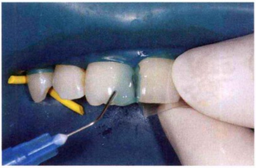
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



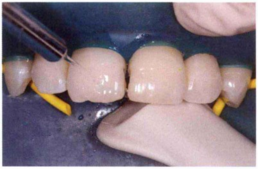
图Ⅰ 1-13　置排龈线排龈，腭面观



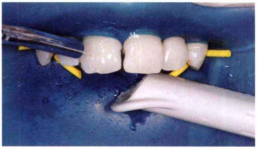
图Ⅰ 1-14　前牙上橡皮障隔离隔湿



图Ⅰ 1-15　用37%磷酸酸蚀左侧牙15秒



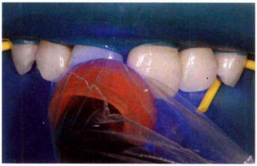
图Ⅰ 1-16　冲洗10秒



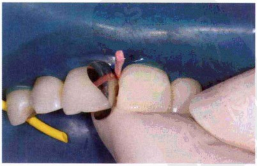
图Ⅰ 1-17　轻吹至呈润湿状态



图Ⅰ 1-18　涂iBOND SE粘结剂



图Ⅰ 1-19　光固化20秒



图Ⅰ 1-20　上金属成形片，龈方与牙面接触

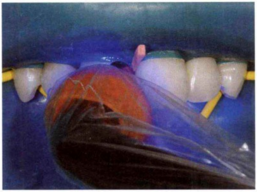
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



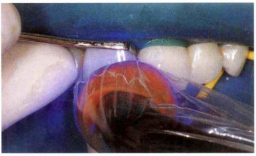
图Ⅰ1-21、Ⅰ1-22　左侧中切牙分层分次充填修复，先用美于自然Venus A3色树脂充填修复颈部龈方



图Ⅰ1-22



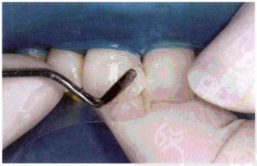
图Ⅰ1-23　左侧中切牙分层分次充填修复，光固化20秒



图Ⅰ1-24至Ⅰ1-28　再用聚酯薄膜成形片隔离，从腭侧面接触处及切端用美于自然Venus A2色树脂，到唇侧面用美于自然Venus T2色树脂分层分次充填树脂，分别光固化20秒



图Ⅰ1-25

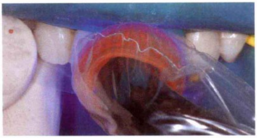


图Ⅰ1-26

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅰ 1-27



图Ⅰ 1-28



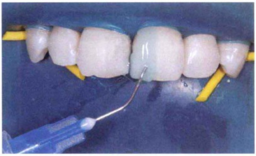
图Ⅰ 1-29至Ⅰ 1-31　去除成形片左侧中切牙修复后唇面观、腭面观



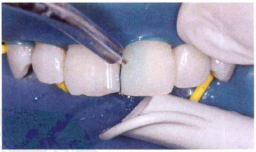
图Ⅰ 1-30



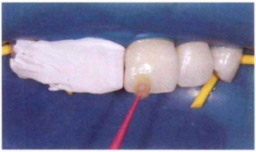
图Ⅰ 1-31



图Ⅰ 1-32　右侧中切牙用37%磷酸酸蚀15秒

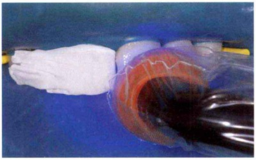


图Ⅰ 1-33　右侧中切牙冲洗10秒，轻吹至呈润湿状态



图Ⅰ 1-34　左侧中切牙用“防水胶布”隔离，右侧中切牙涂粘结剂

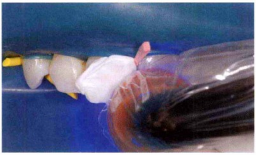
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅰ1-35　光固化20秒



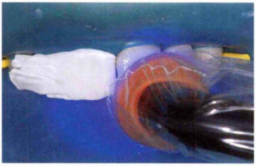
图Ⅰ1-36至Ⅰ1-39　颈部龈方也可用聚酯薄膜成形片及楔子等隔离分牙，关于自然Venus A3色树脂充填修复，光固化20秒，再顺序同上分层分次充填修复，分别光固化20秒



图Ⅰ1-37



图Ⅰ1-38



图Ⅰ1-39

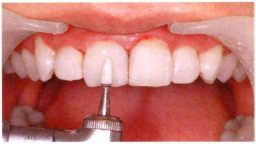


图Ⅰ1-40　去除成形片充填修复后另一侧牙唇面观

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



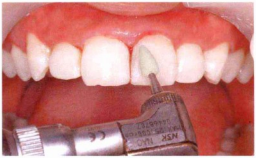
图Ⅰ1-41　拆卸橡皮障，高速金刚砂车针修整外形



图Ⅰ1-42、Ⅰ1-43　去除排龈线，低速细砂石磨头，检查咬合关系



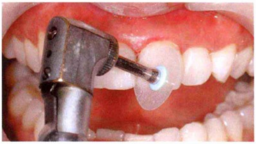
图Ⅰ1-43



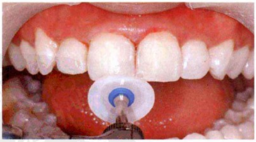
图Ⅰ1-44、Ⅰ1-45　也可用抛光钻等初步打磨抛光



图Ⅰ1-45



图Ⅰ1-46至Ⅰ1-49　用粗砂抛光碟打磨抛光唇、腭面、邻面

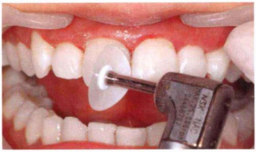


图Ⅰ1-47



图Ⅰ1-48

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



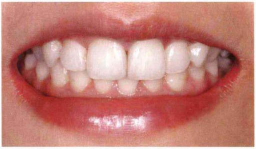
图Ⅰ1-49



图Ⅰ1-50、Ⅰ1-51　再用粗砂抛光条抛光邻接面



图Ⅰ1-51



图Ⅰ1-52　术后，咬合关系及口周状态



图Ⅰ1-53　11、21邻面间隙修复后（正面观）



图Ⅰ1-54　11、21邻面间隙修复后（腭面观）

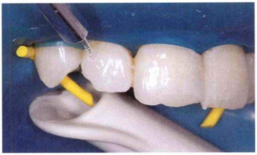


图Ⅰ1-55　术前，12侧切牙缺损

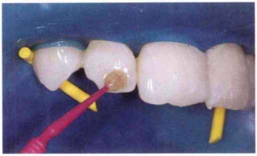


图Ⅰ1-56　12侧切牙用37%磷酸酸蚀15秒

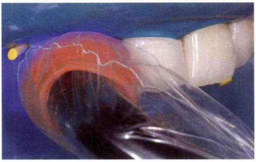
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



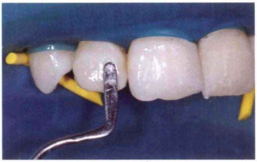
图Ⅰ 1-57　12侧切牙用37%磷酸酸蚀后冲洗10秒，吹干



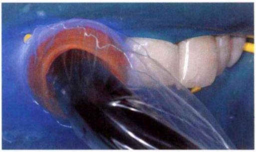
图Ⅰ 1-58　12侧切牙iBOND SE粘接



图Ⅰ 1-59　12侧切牙iBOND SE粘接、光固化20秒



图Ⅰ 1-60、Ⅰ 1-61　12侧切牙用美于自然Venus OA3、A2色树脂分层修复，分别光固化40秒和20秒



图Ⅰ 1-61



图Ⅰ 1-62　12侧切牙缺损修复后



图Ⅰ 1-63　美于自然Venus复合树脂多层修复后

（广东省口腔医院·南方医科大学附属口腔医院　方加铄）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

病例Ⅰ-2

李某，男，20岁，要求对多个上前牙龋坏进行治疗。口腔检查发现上前牙排列整齐，牙色尚可，11近中邻面、12近远中邻面、21近中邻面、22近远中邻面龋损（图Ⅰ2-1）。患牙冷刺激敏感，11、21间牙龈退缩出现“黑三角”，咬合关系正常。通过沟通，患者接受使用复合树脂完成前牙龋损修复的方案。

治疗步骤：

（1）牙面预备（图Ⅰ2-2）。

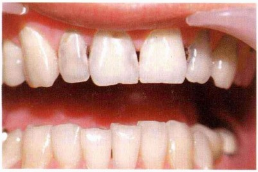
（2）比色（图Ⅰ2-3）。

（3）涂布粘结剂并光固化（图Ⅰ2-4～Ⅰ2-6）。

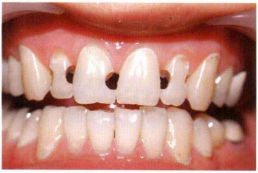
（4）分层堆放树脂成型（图Ⅰ2-7～Ⅰ2-8）。

（5）修整外形（图Ⅰ2-9～Ⅰ2-10）。

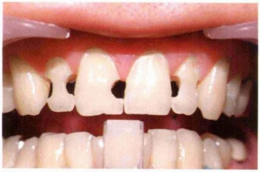
（6）抛光（图Ⅰ2-11～Ⅰ2-15）。



图Ⅰ2-1　治疗前示上前牙排列整齐，牙色尚可。11、21间牙龈退缩出现黑三角



图Ⅰ2-2　去净腐质（去净11、12、21、22软龋，尽量去除牙本质染色）预备洞缘短斜面

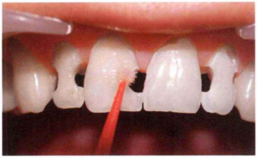


图Ⅰ2-3　比色，选择OA3修复牙本质层

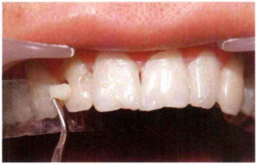


图Ⅰ2-4　采用iBOND SE（贺利氏）进行粘结

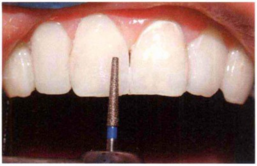
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

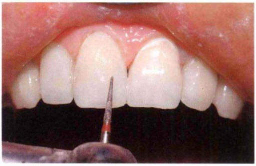

图Ⅰ2-5　用一次性棉棒涂布粘结剂

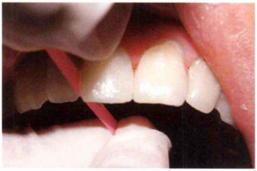

图Ⅰ2-6　光固化20秒


图Ⅰ2-7　OA3分层修复牙本质层


图Ⅰ2-8　选择A2修复完成釉质层

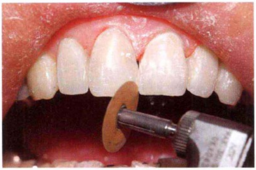

图Ⅰ2-9　金刚砂车针行唇面外形修整（一）


图Ⅰ2-10　金刚砂车针行唇面外形修整（二）

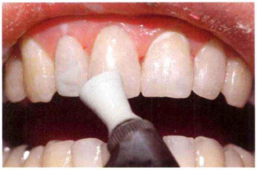

图Ⅰ2-11　抛光邻间隙


图Ⅰ2-12　唇面抛光（一）

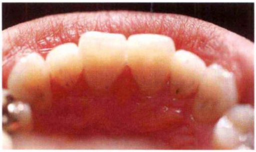
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注


图Ⅰ2-13　唇面抛光（二）


图Ⅰ2-14　完成修复，用橡皮轮和抛光膏抛光（一）


图Ⅰ2-15　用橡皮轮和抛光膏抛光（二）


图Ⅰ2-16　修复完成后唇面观


图Ⅰ2-17　修复完成后腭侧观（一）


图Ⅰ2-18　修复完成后腭侧观（二）


图Ⅰ2-19　修复完成后自然观

（中国医科大学口腔医学院　刘　扬）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

临床意义：

龋齿的复合树脂直接修复是临床的常见技术。为了满足美容修复的效果，在修复过程中应注意染色牙体组织的去除，牙髓的保护。

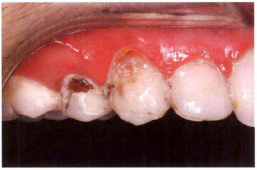
病例Ⅰ-3

患者，男性，15岁，13、15充填物部分脱落1周（14正畸治疗时已拔除）。检查见13唇面树脂充填物部分脱落，边缘继发龋坏，探诊（+），冷测（−），叩痛（−），不松动；15根管治疗术后两年，唇面树脂充填物部分脱落，边缘继发龋坏，叩痛（−），不松动，未探及牙周袋，X线片显示15根充恰填，根尖周膜影像完整。

治疗步骤：

（1）治疗方法：13、15树脂粘结修复。

（2）病例评估：近代牙本质粘结剂具有很好的亲水性，可完全渗入到脱矿的牙本质胶原纤维网中，产生的混合层密封较好且对牙髓-牙本质复合体的刺激性很小，中等深度窝洞可不必用其他材料护髓与垫底。



图Ⅰ3-1　13、15唇面树脂充填，部分脱落，边缘继发龋坏



图Ⅰ3-2　13、15去腐

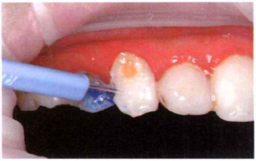


图Ⅰ3-3　13、15比色。美于自然分层色比色板比色。分层分区颜色配比为OA3，A3，A2

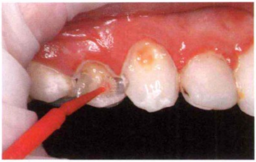


图Ⅰ3-4　Gluma 20%磷酸酸蚀30秒，13只酸蚀釉质

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅰ3-5　水雾冲洗酸蚀牙面1分钟



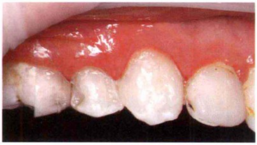
图Ⅰ3-6　涂布iBOND SE自酸蚀粘结剂



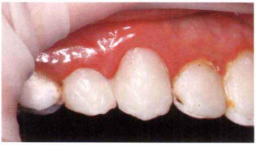
图Ⅰ3-7　使用牙本质色美于自然Venus OA3修复牙本质层



图Ⅰ3-8　使用美于自然Venus A3、A2，分层分区充填



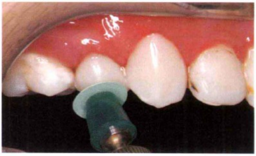
图Ⅰ3-9　使用美于自然Venus A3、A2，分层分区充填



图Ⅰ3-10　使用美于自然Venus A3、A2，分层分区充填

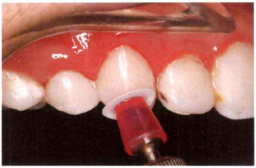


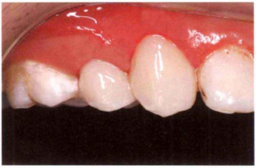
图Ⅰ3-11　金刚砂车针调殆及修整外形

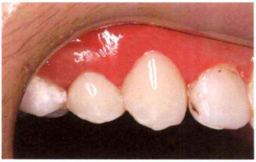


图Ⅰ3-12　精细抛光

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注


图Ⅰ3-13　精细抛光


图Ⅰ3-14　完成后


图Ⅰ3-15　1个月后复查

（首都医科大学附属北京口腔医院　谢咏梅　宋子元）

病例Ⅰ-4

患者，女性，58岁，11、21牙髓炎根管治疗术后1周，要求即刻修复牙齿外形。检查见11、21近中切角缺损，11牙冠变色明显，牙颈部呈灰黄色，21牙冠无明显变色。叩痛（－），不松动，未探及牙周袋。X线片显示根充恰填，根尖周膜影像完整。

治疗步骤：

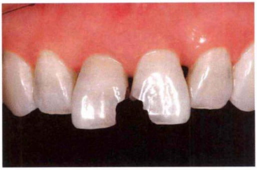
（1）治疗方法：11树脂贴面修复；21树脂粘结修复

（2）病例评估：修复时要兼顾美观和尽可能多保留健康牙体组织，11牙冠变色明显，行树脂贴面修复；21牙冠无明显变色，行树脂粘结修复。

（3）操作：充填前制作硅胶导板，先恢复腭面釉质层形态，然后分层恢复牙本质层，再进行釉质层的堆塑。


图Ⅰ4-1　术前制备硅胶背板

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



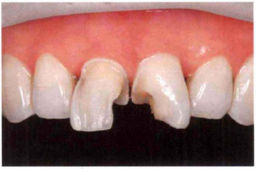
图Ⅰ4-2　术前可见11、21牙体缺损，11牙颈部呈灰黄色，21牙冠无明显变色



图Ⅰ4-3　11比色。美于自然分层色比色板比色。分层分区颜色配比为OA3.5，A3.5，A3



图Ⅰ4-4　21比色。美于自然分层色比色板比色。分层分区颜色配比为OA3.5，A3.5，A3



图Ⅰ4-5　金刚砂车针牙面预备。11牙体预备呈镜框状，21制备2mm宽的釉斜面



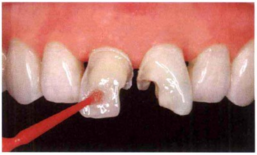
图Ⅰ4-6　Gluma 20%磷酸酸蚀30秒



图Ⅰ4-7　水雾冲洗酸蚀牙面1分钟

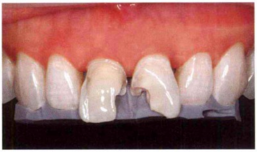


图Ⅰ4-8　酸蚀后釉质呈白垩色



图Ⅰ4-9　涂布iBOND SE自酸蚀粘结剂

PDG
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅰ4-10 使用硅胶导板，恢复腭面形态



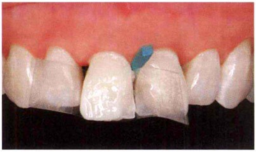
图Ⅰ4-11 使用美于自然Venus A3恢复腭侧壁



图Ⅰ4-12 使用美于自然牙本质色Venus OA3.5修复牙本质层



图Ⅰ4-13 使用美于自然Venus A3.5、A3，分层分区充填



图Ⅰ4-14 使用赛珞璐条和楔子恢复邻面形态



图Ⅰ4-15 使用美于自然Venus A3.5、A3，分层分区充填

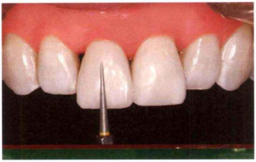


图Ⅰ4-16 使用美于自然Venus A3.5、A3，分层分区充填



图Ⅰ4-17 使用美于自然Venus A3.5、A3，分层分区充填

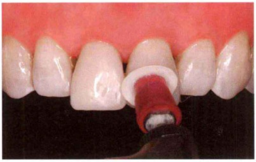
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅰ4-18　金刚砂车针调𬌗及修整外形



图Ⅰ4-19　精细抛光



图Ⅰ4-20　精细抛光



图Ⅰ4-21　邻面抛光



图Ⅰ4-22　完成后

（首都医科大学附属北京口腔医院　谢咏梅　宋子元）

病例Ⅰ-5

患者，女，33岁，公司职员，上前牙中缝变黑1年，近来遇冷刺激略敏感，无明显自发痛。11近中邻腭面龋，探（+），冷试（+），叩（-），唇面透色；21近中邻腭面深龋，探（+），冷试（+），叩（-），唇面透色，近中切角釉质微裂纹。

诊断：11中龋；21深龋。

治疗计划：11、21树脂分层修复。

处置：11、21去龋，近髓处氢氧化钙护髓，iBOND Self Etch粘结剂，树脂HKA2.5、OA2、T2分层修复，抛光。医嘱：注意口腔卫生维护，6个月后复查。

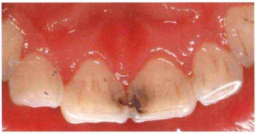
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



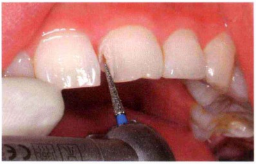
图Ⅰ5-1　术前唇面观1



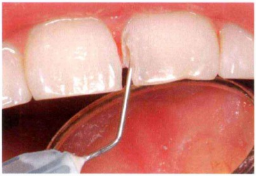
图Ⅰ5-2　术前唇面观2



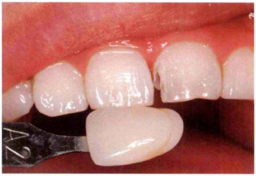
图Ⅰ5-3　术前腭面观



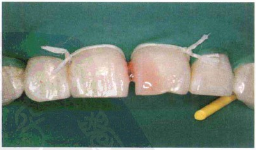
图Ⅰ5-4　牙体预备：11邻腭面局部去龋备洞，洞缘短斜面；21去龋备洞，唇面较薄，釉质金刚砂修整，制备长斜面，腭侧制备短斜面



图Ⅰ5-5　基底：近髓处氢氧化钙护髓

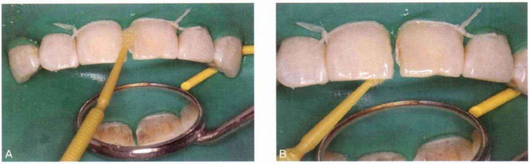


图Ⅰ5-6　比色：牙面湿润下比色

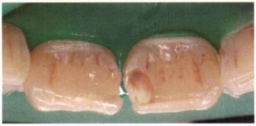


图Ⅰ5-7　酸蚀：21唇面釉质35%磷酸凝胶酸蚀15秒

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅰ5-8　粘接：iBOND SE粘结剂涂布窝洞表面及洞缘，21牙超过酸蚀范围



图Ⅰ5-9　充填：11牙OA2分层充填（一）



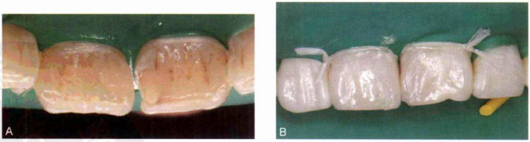
图Ⅰ5-10　充填：11牙OA2分层充填（二）



图Ⅰ5-11　充填：11牙OA2分层充填（三）



图Ⅰ5-12　充填：11牙OA2分层充填（四）



图Ⅰ5-13　充填：21牙OA2分层充填，切端T2色充填，唇面HKA2.5色充填

PDG

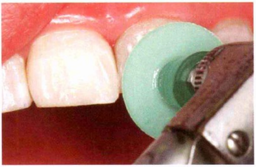
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



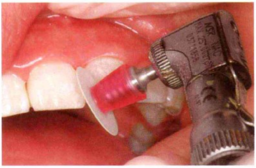
图Ⅰ 5-14　修形抛光：金刚砂车针修形（粗）



图Ⅰ 5-15　修形抛光：金刚砂车针修形（细）



图Ⅰ 5-16　修形抛光：彩虹抛光碟抛光（一）



图Ⅰ 5-17　修形抛光：彩虹抛光碟抛光（二）



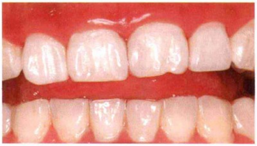
图Ⅰ 5-18　修形抛光：腭侧橡皮尖抛光（一）



图Ⅰ 5-19　修形抛光：腭侧橡皮尖抛光（二）



图Ⅰ 5-20　术后（一）



图Ⅰ 5-21　术后（二）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

小结：

（1）术前准备

患者为30岁女性，因前牙中缝变黑1年就诊，患牙2年前曾进行过树脂修复，后修复体脱落未及时就诊，此次就诊要求解决牙齿变黑问题，同时希望修复体牢固。患者为年轻女性，对美观要求较高，同时为二次就诊，对多层色堆塑治疗美学修复容易理解接受，临床比色Vita A2。

（2）术中采用分层情况

11牙龋坏较局限，唇面剩余牙体组织较厚，修复时采用OA2色牙本质树脂分层修复恢复牙体形态。21牙龋坏范围相对较大，采用OA2色牙本质树脂恢复牙本质层，切端少量T2透明色树脂修复，唇面采用HKA2.5釉质色树脂修复，分层充填注意各层粘结紧密，术中采用橡皮障隔湿良好，有效避免污染。

（3）术后情况

术后患者满意，患牙冷刺激痛消失。

（第四军医大学口腔医学院　余　擎）

病例Ⅰ-6

患者，女性，55岁。右上前牙近中邻面龋，及髓穿孔，行根管治疗后根管钉加树脂充填修复十年。1个月前咬硬物造成部分充填物脱落，无自觉症状。检查：11大面积树脂充填部分脱落，继发龋，叩诊无异常。X线片示根管治疗欠填，根管钉方向偏移。诊断：11慢性根尖周炎。患者强烈要求保留根管钉、树脂直接充填修复。拟采用贺利氏粘结剂和树脂修复缺损。

材料：贺利氏iBOND SE第七代自酸蚀粘结剂和美于自然Venus树脂。

治疗步骤：

（1）比色。

（2）取模制作蜡型和硅橡胶导板。

（3）橡皮障隔湿清洁和制备釉质短斜面。

（4）涂布iBOND SE第七代自酸蚀粘结剂，轻吹。

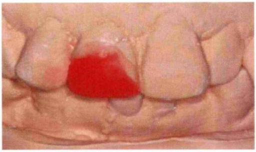
（5）利用硅橡胶导板分层充填缺损，成型。

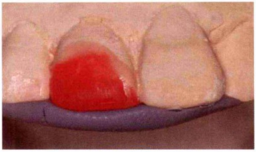
（6）修整表面解剖结构，调𬌗，抛光；步骤：见图Ⅰ6-1～Ⅰ6-15。



图Ⅰ6-1　11部分充填物脱落，根管钉暴露。比色，以对侧同名牙为参照

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注


图Ⅰ6-2　取模制作蜡型


图Ⅰ6-3　制作硅橡胶导板


图Ⅰ6-4　去龋、备洞，制备短斜面，以增加粘结面积


图Ⅰ6-5　涂布贺利氏iBOND SE第七代自酸蚀粘结剂


图Ⅰ6-6　不透明树脂遮色


图Ⅰ6-7　利用硅橡胶导板成型


图Ⅰ6-8　制作生长叶（牙本质层）


图Ⅰ6-9　邻面及切缘透明树脂

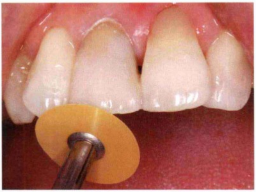
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



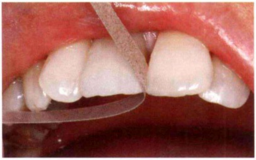
图Ⅰ6-10　完成釉质充填



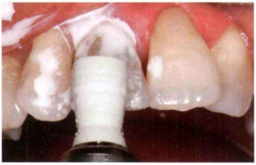
图Ⅰ6-11　调𬌗、修整外形



图Ⅰ6-12　唇面抛光



图Ⅰ6-13　邻面抛光



图Ⅰ6-14　橡皮杯抛光



图Ⅰ6-15　完成

（中山大学光华口腔医学院　凌均棨）

临床意义：

对已行根管治疗的牙体严重缺损的患牙，采用根管桩辅助位的直接复合树脂修复是可以选择的方法。而硅橡胶导板将有助于缺损腭面的成形和精确分层堆塑的实现。为了增强粘结力，对釉质面的粘结，建议选择全酸蚀粘结系统。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

Ⅱ.前牙复合树脂美学修复

病例Ⅱ-1

患者，女性，28岁。因前牙原树脂修复美观性差，要求进行再次美学修复治疗（图Ⅱ1-1）。检查：11、21唇面复合树脂修复，但颜色与邻牙不匹配，美观性差，无冷热诊不适，牙髓活力正常。13、23和33、43切端部分釉质缺损，无冷热诊不适，牙髓活力正常。诊断：（1）11、21不良修复体；（2）13、23和33、43釉质发育不全。拟修复11、21、13和23、33、43。

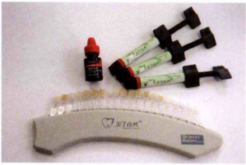
治疗步骤：

（1）术前准备：与患者沟通，并告知最佳美学修复方法。对此病例，前牙11、21需要修复的面积较大，但都只限于唇面，未涉及切角及腭面，建议患者选用复合树脂直接美学修复。11、21美学修复的范围波及整个唇面，为达到前牙应有的色泽、透明度等美观要求，建议使用多层色堆塑方法进行直接美学修复，即将牙本质色、釉质色、切端色多种色系树脂同时用于单个牙的直接美学修复。通过此种方法修复可使修复后牙面层次感强，通透性更好。患者愿意接受此种治疗方案。因此拟用具有丰富功能色系的美于自然树脂进行修复。但由于患者感觉33、43不影响美观，拒绝接受树脂修复治疗，因此此病例仅对11、21和13、23进行了树脂美学修复。

材料：贺利氏公司iBOND SE粘结剂和美于自然树脂材料（图Ⅱ1-2）。



图Ⅱ1-1　11、21原树脂修复美观性差，13、23釉质缺损



图Ⅱ1-2　贺利氏公司iBOND SE粘结剂和美于自然树脂材料

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

（2）比色：使用Heraeus Kulzer美于自然2 layer比色板在自然光下进行比色，以邻牙为参照，分别选取牙本质和釉质色及切端色。比色结果为釉质A2，牙本质OA2和切端色T2（图Ⅱ 1-3）。

（3）去除原不良树脂修复，清洁牙面和制备短斜面（图Ⅱ 1-4）。去除原充填物时11、21邻接点已遭破坏，修复时需注意邻接点的恢复及邻面抛光。



图Ⅱ 1-3　比色，釉质色A2，牙本质色OA2，切端色T2



图Ⅱ 1-4　去除原充填物，清洁牙齿并制备釉质短斜面，与牙面呈45°

（4）橡皮障隔湿，吹干后涂布粘结剂，气枪轻吹2～5秒，光照固化（图Ⅱ 1-5）。

（5）使用美于自然树脂材料逐层充填，首先利用牙本质色树脂充填牙本质，然后使用釉质色树脂充填釉质及恢复牙的外形，最后使用切端色树脂进行切端修复以增加切端的透明度（图Ⅱ 1-6、Ⅱ 1-7）。

（6）抛光，使用多步法抛光系统进行唇面抛光，抛光顺序由粗到细（图Ⅱ 1-8）。使用邻面抛光条进行邻面抛光（图Ⅱ 1-9、10）。

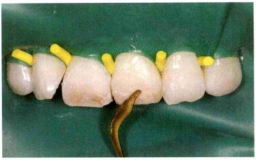


图Ⅱ 1-5　涂布iBOND SE粘结剂并光照

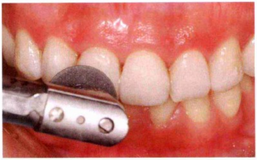


图Ⅱ 1-6　用美于自然牙本质色树脂充填，光固化40秒

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



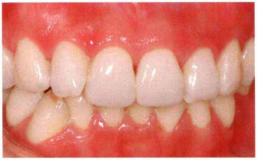
图Ⅱ1-7 用美于自然釉质色树脂充填，光固化20秒



图Ⅱ1-8 使用抛光碟进行唇面抛光（由粗到细）



图Ⅱ1-9 使用邻面抛光条进行邻面抛光



图Ⅱ1-10 修复完成

（武汉大学口腔医学院 韦婉荃 指导教师 闫 萍）

临床意义：

陈旧性复合树脂修复体的更换需要将原有的修复体完全去除，重新制备釉质粘结斜面，而不建议在原修复体上进行修补。对于以釉质为主的粘结面，建议采用全酸蚀粘结系统。

病例Ⅱ-2

患者，女性，52岁，左上前牙颜色形态不佳要求治疗。多年前修复右上前牙，现觉得该牙颜色形态不佳，影响美观，要求重新修复。

检查：前牙深覆𬌗，22为树脂冠，颜色较白，颊侧颈部为青黑色，边缘可探及继发龋，腭侧修复体边缘位于龈下，X线片显示22牙根较短，根管已充填，根管上段根管钉固位（图Ⅱ2-1）。

治疗步骤：

（1）术前准备：该患者要求对22的颜色与形态进行改善。经与修复科医师沟通，认为由于该牙残根基础条件较差，不适合行固定义齿修复，患者不接受拔牙和种植义齿，建议患者先采用树脂贴面改善22颜色与形态。鉴于患者对牙齿色彩要求较高，建议采用复合树脂多层堆塑进行贴面修复，对患者详细介绍树脂修复过程及所需费用。患者对治疗方案表示同意。

（2）比色：自然光下以21唇侧为比色标准，使用贺利氏双层树脂比色板，颈部颜色较黄，

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

为A5色，中部比色为B2色，切端比色为A2色，患者牙齿色彩偏黄，呈暖色调，透明釉质色选择偏黄的T2色。

（3）材料器械选择：充填树脂使用贺利氏美于自然维纳斯树脂，粘结剂使用贺利氏iBOND SE树脂粘结剂，充填器械使用Beyond碳纤维树脂充填器。

（4）牙体预备：去除22唇侧原充填物，去除颈部软龋。保留部分已变色的硬龋。考虑到患者原树脂冠咬合关系尚可，患者已适应原咬合状态，故保留腭侧部分原树脂。去除大部分原充填物后21与23间间隙较小，考虑采取唇侧加宽，直接修复的方式改善形态。

（5）遮色：采用双层遮色，第一层用流动遮色玻璃离子遮盖根管钉和牙体根面硬龋颜色较深的部分；第二层涂布贺利氏iBOND SE粘结剂，使用SBO色树脂进一步遮色，并充填形成牙体初步形态（图Ⅱ2-3～Ⅱ2-6）

（6）充填牙体部：由于遮色后牙体已有一定厚度，为避免充填后牙齿过厚，直接使用釉质色充填牙体釉质层，充填时各颜色树脂采用三角形分层堆塑，使各颜色树脂间形成颜色的自然过渡。

（7）修形，抛光：

①使用锥状钨钢车针修形：锥状钨钢车针具有较尖的尖端，可以做出邻接处的细微结构；

②使用细颗粒的金刚砂车针初抛光；

③使用松风彩虹系列抛光轮和邻面抛光条精细抛光。



图Ⅱ2-1　治疗前，前牙深覆𬌗，22为树脂冠，颜色较白，颊侧颈部为青黑色，边缘可探及继发龋



图Ⅱ2-2　去除22唇侧原充填物



图Ⅱ2-3　用流动遮色玻璃离子遮盖根管钉和牙体根面硬龋颜色较深的部分



图Ⅱ2-4　涂布贺利氏iBOND SE粘结剂

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



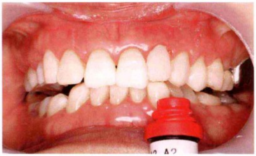
图Ⅱ 2-5 拟选用SBO色树脂进一步遮色



图Ⅱ 2-6 充填形成牙体初步形态



图Ⅱ 2-7 牙齿唇侧中部1/3使用B2色树脂



图Ⅱ 2-8 A2色充填切端1/3，并作出发育沟形态



图Ⅱ 2-9 考虑患者邻牙颈部较黄，使用A5色树脂充填颈部1/3



图Ⅱ 2-10 用T2色做出透明层和切端透明层

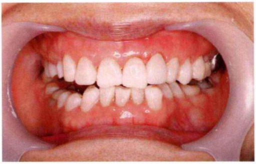


图Ⅱ 2-11 充填完成后

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅱ 2-12-1　抛光后



图Ⅱ 2-12-2　抛光后

（8）术后沟通：患者认为颜色偏白，22有发青色的感觉。一周后复查，患者认为22有青黑色感，不自然，要求进一步改善颜色。

（9）分析：

①本病例中采用SBO遮色，SBO颜色具有较饱和的白色，遮色后，直接使用釉质色充填，由于釉质色树脂具有半透明性，可以透出底层SBO部分颜色特性，使充填后的牙齿没有显示出B色系的黄色，总体偏冷色调，患者有青黑色的感觉。



图Ⅱ 2-3　患者感觉色泽不满意

②患者为中老年女性，牙齿釉质层颜色饱和度较高，透明性降低，邻牙21唇侧中部有部分区域较黄，22与之相比较白。

（10）解决方案：

加强22唇侧中部树脂的颜色饱和度，选用偏暖色调、透明性低的树脂重新充填唇面。由于同色的牙本质树脂较釉质树脂颜色饱和度高，透明性低，考虑试用牙本质色代替釉质色，再比色选择OA3。

①操作：重新备牙，磨除22唇侧约1mm树脂，中部1/3使用OA3色树脂充填，颈部1/3仍使用A5色树脂充填，切端1/3仍使用A2色树脂，充填后使用T2充填唇面约0.2mm，形成切端透明层。重新充填后效果如下：

②术后沟通：颜色调整后，患者对于22的色彩和形态表示比较满意。



图Ⅱ 2-4　再治疗后

（解放军第306医院口腔科　刘　彦）

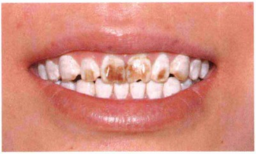
临床意义：

本例为陈旧性复合树脂修复体的更换。在操作过程中，术者保留了部分腭侧原树脂，以便于操作成形。但是为了获得最佳粘结力，建议应完全去除原树脂。

PDG
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

病例Ⅱ-3

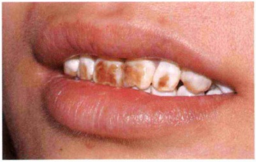
树脂贴面美容氟斑牙：患者，女，18岁。生活在高氟区，全口氟斑牙，以上颌4颗前牙较严重（图Ⅱ3-1～Ⅱ3-5），希望能解决她前牙区的美观问题。



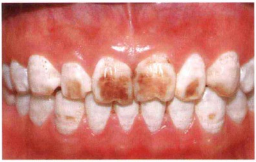
图Ⅱ3-1 口外正面观



图Ⅱ3-2 口外右侧观



图Ⅱ3-3 口外左侧观



图Ⅱ3-4 口内正面观



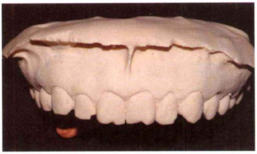
图Ⅱ3-5 上颌口内正面观

治疗步骤：

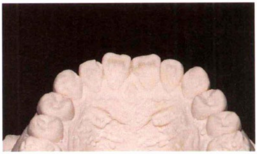
患者不愿意接受磨牙较多的烤瓷牙，希望尽量保存自己的牙齿。故建议患者采用树脂贴面分层技术修复22～12四颗前牙。治疗情况见图Ⅱ3-6～图Ⅱ3-47。

首先取分析模型（图Ⅱ3-6，Ⅱ3-7），在石膏模型上制作诊断蜡型（图Ⅱ3-8，Ⅱ3-9）用贺利氏硅橡胶初印（图Ⅱ3-10）制作硅橡胶腭侧背板（图Ⅱ3-11，Ⅱ3-12），采用贺利氏“美于自然”树脂（图Ⅱ3-13）和贺利氏第七代iBOND SE自酸蚀粘结剂（图Ⅱ3-14）。

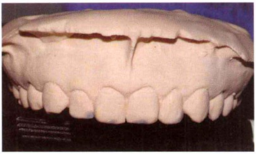
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



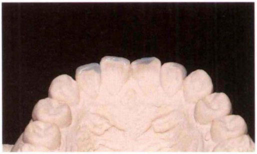
图Ⅱ 3-6　石膏模型正面观



图Ⅱ 3-7　石膏模型腭侧



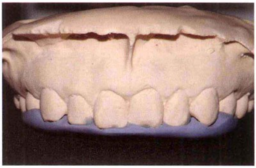
图Ⅱ 3-8　诊断蜡型，同时用来制作硅橡胶腭背板



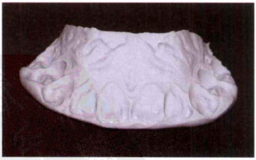
图Ⅱ 3-9　诊断蜡型，同时用来制作硅橡胶腭背板(腭侧观)



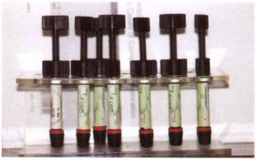
图Ⅱ 3-10　贺利氏初印制作硅橡胶腭背板



图Ⅱ 3-11　制作硅橡胶腭侧背板



图Ⅱ 3-12　制作的硅橡胶腭侧背板



图Ⅱ 3-13　贺利氏“美于自然”系列树脂

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅱ 3-14　iBOND SE第七代一步法自酸蚀粘结剂



图Ⅱ 3-15　硅橡胶腭背板放回口内，观察一下需要恢复的程度，以便有的放矢



图Ⅱ 3-16　0.5mm的定位车针预备牙体11



图Ⅱ 3-17　11定位车针预备后



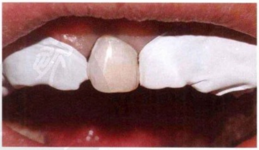
图Ⅱ 3-18　用金刚砂车针依照定位沟去除牙体组织，止于邻面接触点前，为了有更好的切端透明度，切端预备1 ~ 1.5mm；预备完成后



图Ⅱ 3-19　按照同样的方法预备21

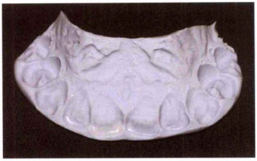


图Ⅱ 3-20　11、21预备完成后



图Ⅱ 3-21　排龈，生料带隔离两侧邻牙，防止粘结剂涂布邻牙上

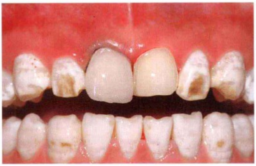
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



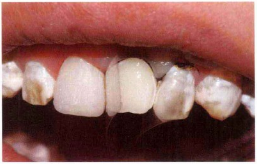
图Ⅱ3-22 T2色树脂放置于硅橡胶腭背板



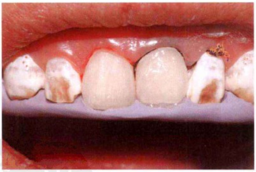
图Ⅱ3-23 硅橡胶复位后固化



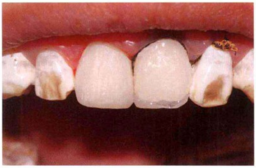
图Ⅱ3-24 依次采用：颈部A2色，往中部过渡变薄，固化；近、远中邻面稍微铺薄薄一层SBO往唇侧过渡，固化，防止从侧方看到邻面的白垩色边缘；中部采用A1色，往切端变薄，固化；切端采用T2色，固化，11完成



图Ⅱ3-25 排龈，开始制作21

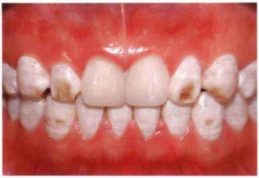


图Ⅱ3-26 T2树脂放置于硅橡胶腭背板，放于口内复位，固化

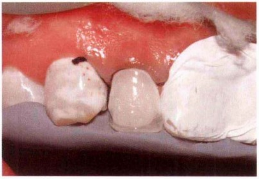


图Ⅱ3-27 固化后

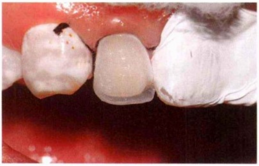
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅱ 3-28　11、21初步完成后



图Ⅱ 3-29　12预备牙体后，排龈、涂布粘结剂，利用硅橡胶腭背板把T2树脂放入口内就位，恢复12的腭侧壁



图Ⅱ 3-30　恢复后



图Ⅱ 3-31　修复后的12



图Ⅱ 3-32　预备22

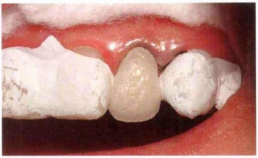


图Ⅱ 3-33　硅橡胶复位，固化

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅱ3-34 固化后



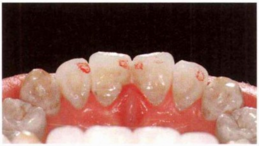
图Ⅱ3-35 依次从颈部A2色，往中部过渡变薄，固化；近、远中邻面稍微铺薄薄一层SBO往唇侧过渡，固化，防止从侧方看到邻面的白垩色边缘；中部采用A1色，往切端变薄，固化；切端采用T2色，固化；最后在唇侧铺薄薄的一层T2色树脂



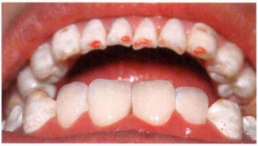
图Ⅱ3-36 初步完成后，未抛光



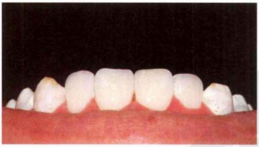
图Ⅱ3-37 初步完成后



图Ⅱ3-38 咬合纸调整前伸𬌗和侧方𬌗，红印迹为高点处



图Ⅱ3-39 对颌牙的咬合高点红色印迹

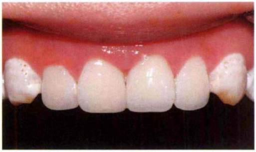


图Ⅱ3-40 调𬌗后

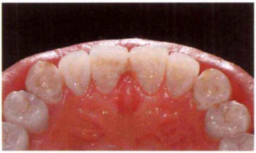


图Ⅱ3-41 复诊后抛光

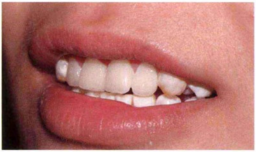
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



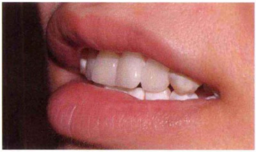
图Ⅱ 3-42　抛光后上颌正面观



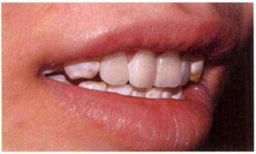
图Ⅱ 3-43　腭侧的照片



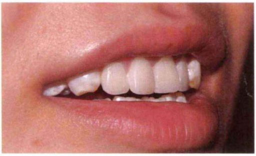
图Ⅱ 3-44　口外左侧观



图Ⅱ 3-45　口外左侧观



图Ⅱ 3-46　口外右侧观



图Ⅱ 3-47　口外右侧观

隔日后复诊（在此提醒一句，树脂充填后的抛光最好是在24小时后进行，以免树脂边缘受到外力加载开裂，形成白线，因为刚完成的树脂充填，只是固化了80%，剩余部分是在随后的数小时完成潜固化）；嘱患者1周后复诊。

（山东中医药大学第二附属医院——历山东路口腔门诊　国洪波）

临床意义：

本案将贴面牙体预备技术与复合树脂分层多色堆塑技术用于氟斑牙的修复，获得了较好的美学效果。考虑主要是以釉质为主的粘结面，采用全酸蚀粘结系统将会获得更佳的粘结强度。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

Ⅲ. 前牙外伤复合树脂修复

病例Ⅲ -1

患者，女性，14岁，11、21外伤6年，因牙冠变色并伴有牙体缺损影响美观就诊。检查见11、21冠折，牙冠变色明显，唇侧为棕灰色，腭侧有树脂充填物。叩痛（—），不松动，未探及牙周袋。X线片显示根充恰填，根尖周膜影像完整。

治疗步骤：

（1）治疗方法：树脂修复。

（2）病例评估：患者轻度氟斑牙，唇面及切端可见大量白垩色斑块，而患牙变色严重，为了与周围牙协调达到更好的美观效果，牙体预备时多磨除一些牙体组织以保证充填后有足够厚度的树脂遮蔽下方变色的牙体组织。

（3）标准：选用美于自然Venus SBO超漂白不透明色为首要遮色层；充填前制作硅胶导板，先恢复腭面釉质层形态，然后分层恢复牙本质层，再进行釉质层的堆塑。



图Ⅲ 1-1　术前制备硅胶背板

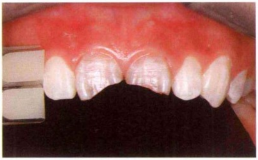


图Ⅲ 1-2　术前可见11、21牙体缺损，牙冠变色严重，呈棕黑色

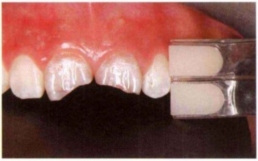
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅲ 1-3　术前咬合状态下口内照片



图Ⅲ 1-4　11比色。美于自然分层色比色板比色。分层分区颜色配比为OB2，B2，B1



图Ⅲ 1-5　21比色。美于自然分层色比色板比色。分层分区颜色配比为OB2，B2，B1



图Ⅲ 1-6　使用开口器，排龈线



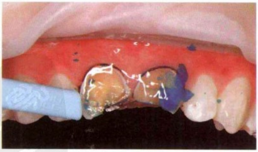
图Ⅲ 1-7　制备定位沟



图Ⅲ 1-8　金刚砂车针牙面预备。因患牙变色严重，需多磨除一些牙体组织以保证充填后有足够厚度的树脂遮蔽下方变色的牙体组织



图Ⅲ 1-9　Gluma20%磷酸酸蚀30秒

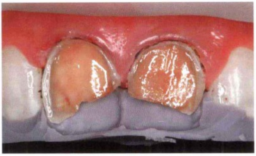


图Ⅲ 1-10　水雾冲洗酸蚀牙面1分钟

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



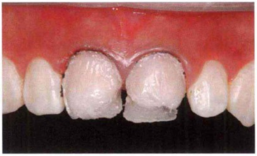
图Ⅲ 1-11　涂布iBOND SE自酸蚀粘结剂



图Ⅲ 1-12　使用硅胶导板，恢复腭面形态



图Ⅲ 1-13　使用牙本质色美于自然Venus OA3恢复腭侧壁



图Ⅲ 1-14　使用美于自然Venus SBO超漂白不透明色为首要遮色层



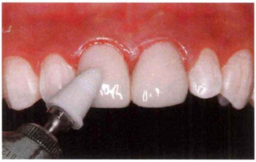
图Ⅲ 1-15　使用美于自然Venus OB2、B2、B1分层分区充填



图Ⅲ 1-16　充填完成，因邻牙唇面釉质钙化不良，呈白垩色，故未使用切端树脂

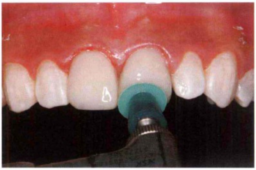


图Ⅲ 1-17　金刚砂车针修整外形

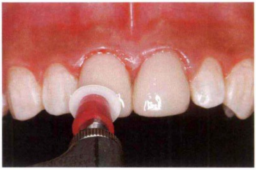


图Ⅲ 1-18　抛光

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅲ 1-19　精细抛光



图Ⅲ 1-20　精细抛光



图Ⅲ 1-21　邻面抛光



图Ⅲ 1-22　完成后



图Ⅲ 1-23　完成后咬合状态下口内照片

（首都医科大学附属北京口腔医院　谢咏梅　宋子元）

病例Ⅲ -2

患者，女性，60岁，21外伤3年，曾树脂粘结修复，现因充填物脱落影响美观就诊。检查见21近中切角缺损，电测活力同对照牙，冷测（—），叩痛（—），不松动，牙龈退缩明显，未探及牙周袋，X线片显示根尖周膜影像完整。

治疗步骤：

（1）治疗方法：树脂粘结修复。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

（2）病例评估：患者年龄较大，牙齿发生磨耗，釉质变薄，透出更多的饱和牙本质色，从而形成暖色调的琥珀色。表面光滑，明度较低，彩度较高，龈1/3较长，切缘较短，上前牙切间隙变小，龈间隙变大变宽，牙齿表面的个性特点增多，易着色。

Ⅳ类洞的修复中，固位力是要优先考虑的因素，患牙活髓，为了保留更多的健康牙体组织和兼顾充填物固位力，在唇面釉质上制备2mm宽的洞斜面。虽然研究显示超过1mm宽的洞斜面不会增加额外的粘结固位力，但较宽的洞斜面有利于获得天然釉质与树脂之间良好的视觉移行关系，形成从牙色到树脂色的连续过渡。

（3）操作：充填前制作硅胶导板，先恢复腭面釉质层形态，然后分层恢复牙本质层，再进行釉质层的堆塑。



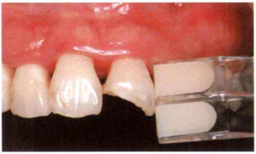
图Ⅲ 2-1　术前制备硅胶背板



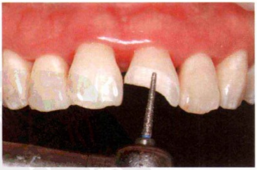
图Ⅲ 2-2　术前可见21牙体缺损，充填物脱落



图Ⅲ 2-3　术前咬合状态下口内照片



图Ⅲ 2-4　21比色。美于自然分层色比色板比色。分层分区颜色配比为OA3.5，A3.5，A3

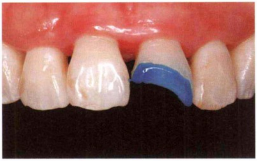


图Ⅲ 2-5　金刚砂车针牙面预备

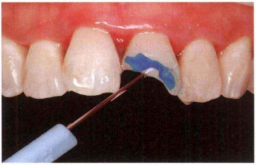


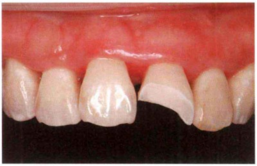
图Ⅲ 2-6　在唇面釉质上制备2mm宽的洞斜面

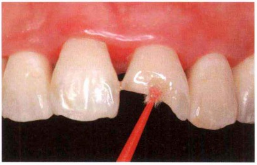
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

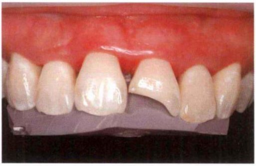

图Ⅲ 2-7　Gluma 20% 磷酸酸蚀 30 秒


图Ⅲ 2-8　只酸蚀釉质


图Ⅲ 2-9　水雾冲洗酸蚀牙面 1 分钟


图Ⅲ 2-10　酸蚀后釉质呈白垩色

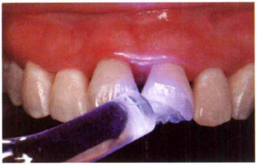

图Ⅲ 2-11　涂布 iBOND SE 自酸蚀粘结剂


图Ⅲ 2-12　使用硅胶导板，恢复腭面形态


图Ⅲ 2-13　使用美于自然 Venus A3 恢复腭侧壁


图Ⅲ 2-14　使用牙本质色美于自然 Venus OA3.5 分层修复牙本质层

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅲ 2-15　LED灯光照。每层光照20秒，OA3.5光照40秒



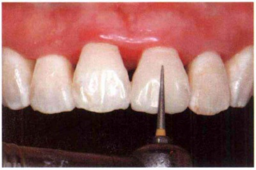
图Ⅲ 2-16　使用赛珞璐条和楔子恢复邻面形态



图Ⅲ 2-17　使用美于自然Venus A3.5，A3分层分区充填



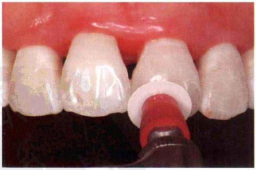
图Ⅲ 2-18　充填完成



图Ⅲ 2-19　金刚砂车针修整外形



图Ⅲ 2-20　精细抛光



图Ⅲ 2-21　精细抛光



图Ⅲ 2-22　邻面抛光

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注


图Ⅲ 2-23　完成后唇面观


图Ⅲ 2-24　完成后腭面观

（首都医科大学附属北京口腔医院　谢咏梅　宋子元）

病例Ⅲ -3

患者：男性，25岁，11外伤3个月，因牙体缺损影响美观就诊。检查见11冠折，累及远中切角，远中缺损齐龈，电测活力同对照牙，冷测（－），叩痛（－），不松动，未探及牙周袋，X线片显示根尖周膜影像完整，未见明显异常。

治疗步骤：

（1）治疗方法：树脂粘结修复。

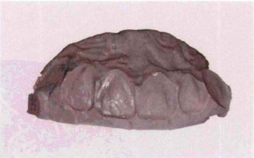
（2）病例评估：患者较年轻，修复时要注意恢复年轻牙齿特征：有质感，明度高，彩度较低，龈缘在釉牙骨质界处，切缘较完整，切间隙大，而龈间隙小，牙齿表面特征小，常有发育线或发育斑。

患牙活髓，为了保留更多的健康牙体组织和兼顾充填物固位力，在唇面釉质上制备2mm宽的洞斜面，有利于获得天然釉质与树脂之间良好的视觉移行关系，形成从牙色到树脂色的连续过渡。

固位力评估的原则是剩余牙体组织所能提供的有效粘结面积不低于牙体缺损的面积，咬合关系异常（如反𬌗，深覆𬌗）时对固位力和抗力的评估则应更加严格。

使用切端树脂恢复切端特征及外形。

（3）操作：充填前制作硅橡胶导板，先恢复腭面釉质层形态，然后分层恢复牙本质层，再进行釉质层的堆塑。


图Ⅲ 3-1　术前制备硅橡胶背板


图Ⅲ 3-2　术前可见11牙体缺损

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



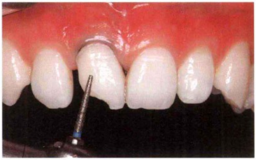
图Ⅲ 3-3　术前咬合状态下口内照片，可见患牙深覆𬌗



图Ⅲ 3-4　11比色。美于自然分层色比色板比色。分层分区颜色配比为OA2，OA1，A2，A1，T2



图Ⅲ 3-5　因远中缺损齐龈，使用排龈线



图Ⅲ 3-6　金刚砂车针牙面预备2mm宽的釉斜面



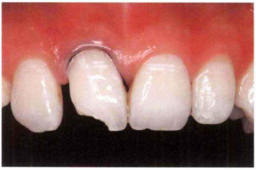
图Ⅲ 3-7　Gluma 20%磷酸酸蚀30秒



图Ⅲ 3-8　只酸蚀釉质



图Ⅲ 3-9　水雾冲洗酸蚀牙面1分钟



图Ⅲ 3-10　酸蚀后釉质呈白垩色

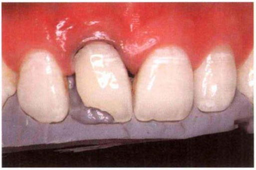
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅲ 3-11　涂布 iBOND SE 自酸蚀粘结剂



图Ⅲ 3-12　LED 灯光照粘结剂唇腭侧各 20 秒



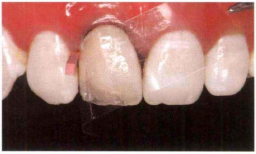
图Ⅲ 3-13　使用硅橡胶导板，恢复腭面形态



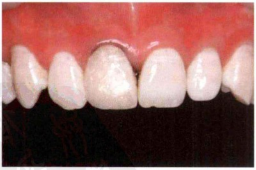
图Ⅲ 3-14　使用美于自然 Venus A2 恢复腭侧壁



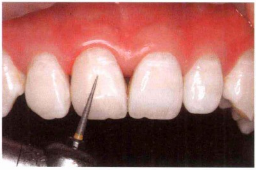
图Ⅲ 3-15　使用牙本质色美于自然 Venus OA2、OA1 分层分区修复牙本质层



图Ⅲ 3-16　使用赛璐璐条和楔子恢复邻面形态



图Ⅲ 3-17　使用美于自然 Venus A2，A1，T2 分层分区充填



图Ⅲ 3-18　金刚砂车针调𬌗及修整外形

PDG

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅲ 3-19　精细抛光



图Ⅲ 3-20　精细抛光



图Ⅲ 3-21　邻面抛光



图Ⅲ 3-22　完成后



图Ⅲ 3-23　3个月后复查，充填物边缘无色素附着，无咬合高点，无食物嵌塞

（首都医科大学附属北京口腔医院　谢咏梅　宋子元）

病例Ⅲ-4

患者，男性，27岁。12外伤2小时，因牙冠折断，并伴有牙髓暴露引起冷热刺激敏感就诊。检查发现12冠中1/3处水平折断，牙髓暴露。叩诊（±），冷热诊（+），探诊（+），无明显松动，牙周状况、咬合关系良好，颊侧及腭侧见少量色素沉着。X线片显示无明显根折影像，牙周膜影像完整，未见明显异常。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅲ 4-1　术前可见12牙冠中1/3冠折露髓，牙龈略有红肿

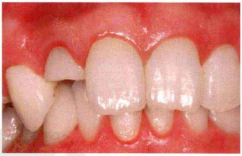
治疗步骤：

（1）术前准备：向患者交代病情，建议患者右上颌侧切牙根管治疗后，行桩核全冠修复或复合树脂直接修复。①前牙光固化树脂修复，磨除牙体组织较少，费用少，但是充填物较易脱落；②桩核全冠修复固位牢，但磨除正常牙体组织较多，费用较高。患者年轻，对美观要求较高，希望能够尽快恢复患牙，因其尚在求学期间，经济条件一般，患者要求考虑。根管治疗后1周，患者复诊，要求行树脂充填治疗。在自然光下使用美于自然专用比色板进行比色，选择美于自然Venus A2作为充填色。

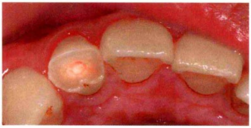
（2）术中情况：由于患者冠中1/3处折断，缺损较大，单纯的树脂修复固位较差，承受咬合力时易脱落。成人残根残冠修复中常采用金属桩加强修复体固位，但金属桩易被腐蚀，使修复体边缘变黑，影响前牙美观，而且存在潜在的根折危险。纤维桩美观、生物相容性好、不易引起根折、易于去除和再次进行修复。故对本患者采用玻璃纤维桩加树脂充填修复。

另外，患者缺损较大，缺损部位涉及牙本质、釉质及切端，单纯采用一种颜色充填，不能够达到很好的美观效果。在树脂充填过程中分别对牙本质、釉质及切端采用不同颜色的充填，分别为OA2、A2和T1。并采用专业树脂充填器械进行充填。

（3）根管治疗：根据常规方法，对患牙进行根管预备、消毒和充填。



图Ⅲ 4-2　根充后唇侧观



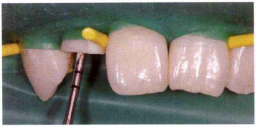
图Ⅲ 4-3　根充后腭面观

（4）比色：在牙面保持湿润的情况下，使用Heraeus Kulzer美于自然2 layer比色板在自然光下进行比色，选择美于自然Venus树脂釉质色A2、牙本质色OA2和切端色T1。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



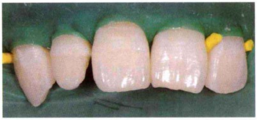
图Ⅲ 4-4　关于自然比色板比色为A2



图Ⅲ 4-5　使用预成根管桩专用扩孔钻进行根管预备



图Ⅲ 4-6　选择合适的纤维桩



图Ⅲ 4-7　树脂核的成形

(5) iBOND SE粘结：iBOND SE属于自酸蚀粘结剂，将酸蚀、消毒、脱敏、涂底胶和粘结合为一步，操作简单，节省时间，无需混合。同时，iBOND SE技术敏感性极低，对湿、潮或干燥的牙本质都能表现出恒定的高抗剪切粘接强度。操作步骤：在制备好的牙面上只需涂布一层足量的iBOND SE，等待20秒，轻轻搅动可有助于粘结剂的扩散和渗透，用微风吹2 ~ 5秒，光固化20秒即可。



图Ⅲ 4-8　对树脂桩核进行初步预备，并涂布iBOND SE



图Ⅲ 4-9　光照20秒

(6) 分层充填成形：复合树脂的充填遵循分层充填、分层固化的原则，其目的是为了减少聚合收缩。步骤如下：使用釉质色A2完成腭面树脂堆塑，光照20秒，形成腭侧壁；然后使用牙本质色OA2完成中间层的堆塑，由于有腭侧壁的支撑，使得中间层的堆塑更加简便；使用釉质色A2完成唇面树脂堆塑，唇面堆塑可以很方便地进行塑形和配色；最后使用切端色T1完成切端树脂堆塑。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



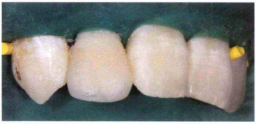
图Ⅲ 4-10　A2 色树脂修复釉质层



图Ⅲ 4-11　OA2 色树脂修复牙本质层

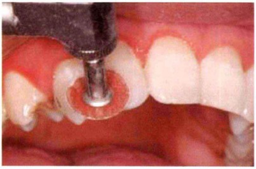


图Ⅲ 4-12　T1 色树脂修复切端

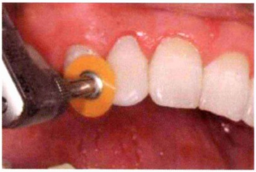


图Ⅲ 4-13　充填完成

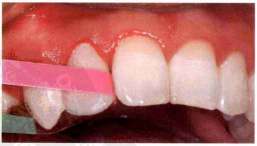
（7）打磨和抛光：树脂充填完成后，打磨抛光非常重要，不光滑的表面容易引起菌斑的沉积，从而造成继发龋的发生。选用树脂抛光碟由粗到细进行抛光处理，可以较容易获得良好的抛光效果。



图Ⅲ 4-14　抛光



图Ⅲ 4-15　抛光



图Ⅲ 4-16　邻面抛光

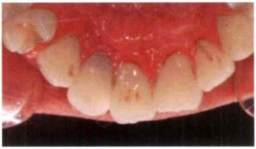


图Ⅲ 4-17　完成

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅲ 4-18　完成（唇面观）



图Ⅲ 4-19　完成（腭面观）

（8）术后：患者对修复效果较为满意，嘱患者勿用患牙咬硬物，建议1个月后复查。术后5个月对患者进行电话回访，充填体使用良好，无变色现象，未有任何不适。

（武汉大学口腔医学院　王　瑶　指导教师　闫　萍）

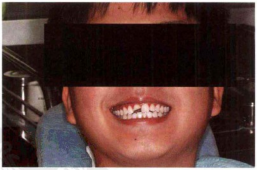
临床意义：

纤维桩辅助直接复合树脂修复是牙体严重缺损可选择的修复方法，但在实施时应充分考虑患牙的咬合关系和咬合负担，尽可能避免可能导致修复体折裂或脱落的因素。

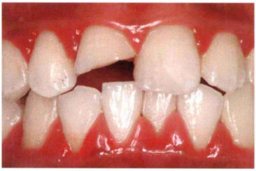
病例Ⅲ -5

前牙1/2斜形冠折并腭侧“撕脱样”釉质纵折的多层色修复

患者，男性，26岁。半月前因外伤造成前牙缺损。检查：11为1/2斜形冠折，腭部“撕脱样”缺损至龈沟下0.5mm（图Ⅲ 5-1 ～ Ⅲ 5-4），根管口见树脂补物，X线片：根管已充填。21近中切角缺损已树脂修复，叩（－），牙龈缘轻度肿胀，色红，探之易出血。

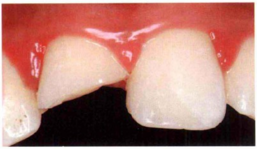


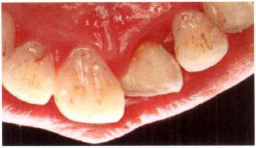
图Ⅲ 5-1　因外伤造成前牙缺损



图Ⅲ 5-2　1/2斜形冠折

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注


图Ⅲ 5-3　1/2斜形冠折


图Ⅲ 5-4　腭部“撕脱样”缺损

治疗步骤：

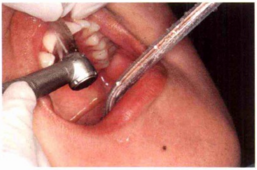
（1）术前准备：龈上洁治术。

（2）治疗方法：同色系多层树脂堆塑修复术或全冠修复术。

由于患者需要外出，加上全瓷的费用原因，患者选择了同色系多层树脂堆塑修复术。

（3）牙体预备：

再次清除病损区牙石、软垢、色素以及龈下结石，用金刚砂车针在唇侧制备1mm同一深度的三道沟槽（图Ⅲ 5-6），依据三道沟槽完成唇面的牙体预备，并制成唇侧釉质壁短斜面（图Ⅲ 5-7）。为防止制备时损伤邻牙，用不锈钢成形片隔离邻牙（图Ⅲ 5-5）。


图Ⅲ 5-5　成形片保护邻牙

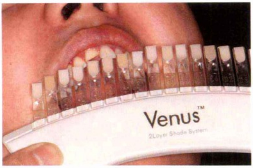

图Ⅲ 5-6　同一深度的三道沟槽


图Ⅲ 5-7　唇面的牙体预备

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

(4) 比色、配色、选色:

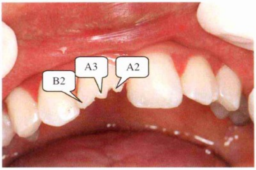
依据比色板(图Ⅲ 5-8),选择最接近于患者天然牙的色系号,根据色系号提供的"套餐",重现理想的修复效果。本病例为了更正确选择,在短斜面上分别堆上B2、A3、A2色系号,光照后(不使用粘结剂),最后选择A3色系号(图Ⅲ 5-9-1,Ⅲ 5-9-2)。



图Ⅲ 5-8 比色、配色、选色



图Ⅲ 5-9-1 制成不粘结树脂选色



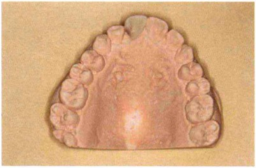
图Ⅲ 5-9-2 制成不粘结树脂选色

(5) 制备硅橡胶导板:

由于患牙是冠折并腭面釉质"剥脱"至龈沟下0.5mm的缺损,使用橡皮障影响修复效果。为保证腭侧面的形态恢复,先取患牙的阴模(图Ⅲ 5-10),制作石膏模型。然后在石膏模型上用白蜡恢复牙体外形(图Ⅲ 5-11)。再以此制备硅橡胶局部阴模导板备用(图Ⅲ 5-12,Ⅲ 5-13)。

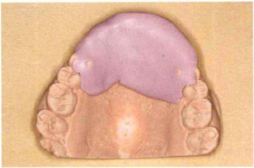


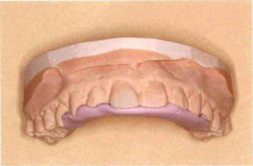
图Ⅲ 5-10 取模



图Ⅲ 5-11 恢复牙体外形

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频,微信公众号里搜索qzkqsp1(茄子口腔视频1首字母)即可关注


图Ⅲ 5-12　硅橡胶局部阴模导板

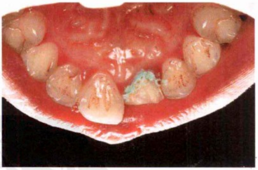

图Ⅲ 5-13　硅橡胶局部阴模导板

（6）排龈止血：

由于患牙腭侧釉质剥脱在龈沟处以及患者患有牙龈炎，因此更要注意龈沟液对粘结修复的影响。用排龈枪将排龈膏注入龈沟内，注意注射方向（图Ⅲ 5-14）。排龈膏具有机械性物理作用，可使牙龈退缩，暴露牙体缺损的龈壁；也有药物性（含肾上腺素）的化学作用使退缩牙龈止血，以利于牙面干燥、酸蚀、粘结（图Ⅲ 5-15，Ⅲ 5-16）。


图Ⅲ 5-14　注入排龈膏

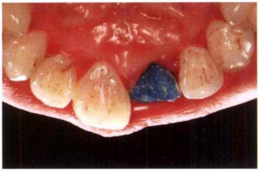

图Ⅲ 5-15　唇侧排龈膏


图Ⅲ 5-16　腭侧排龈膏

（7）酸蚀：

Gluma酸蚀剂酸蚀腭面30秒（图Ⅲ 5-17），冲洗15秒（图Ⅲ 5-18），轻吹1 ~ 2秒。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注


图Ⅲ 5-17　腭面酸蚀

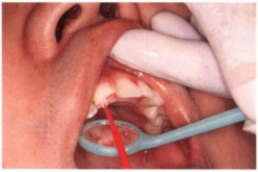

图Ⅲ 5-18　冲洗

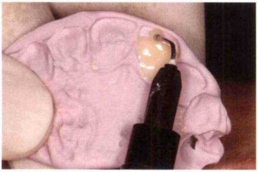
（8）涂粘结剂：

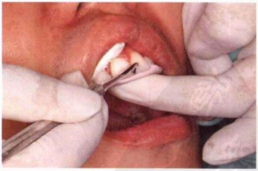
腭侧涂布iBOND SE粘结剂20秒（图Ⅲ 5-19），轻吹1 ~ 2秒，光固化灯照射20秒。（一般来说，使用iBOND SE粘结剂不需要酸蚀，但是对于这样大的牙体缺损，建议还是先酸蚀。）

（9）分层色堆塑修复：

1）在制备好的硅橡胶导板11阴模中注入流动树脂（图Ⅲ 5-20），切缘处用透明釉质色，将阴模与牙齿对位，修形多余溢出树脂（图Ⅲ 5-21），光照20秒。取下印模，再从腭侧光照20秒，制备成腭侧透明釉质层（图Ⅲ 5-22）。


图Ⅲ 5-19　涂布粘结剂


图Ⅲ 5-20　注入流动树脂


图Ⅲ 5-21　修形多余溢出树脂


图Ⅲ 5-22　腭侧透明釉质层

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

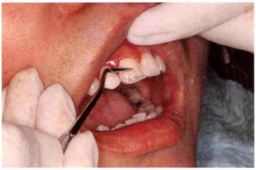
2）唇面同样酸蚀（图Ⅲ 5-23）、粘结（图Ⅲ 5-24），用“美于自然树脂OA3”制备发育叶（图Ⅲ 5-25）。再用“美于自然树脂A3”修复整个唇面（图Ⅲ 5-26）。



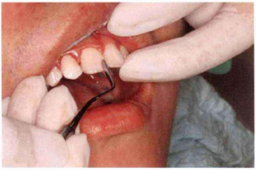
图Ⅲ 5-23　唇面酸蚀



图Ⅲ 5-24　唇面涂布粘结剂



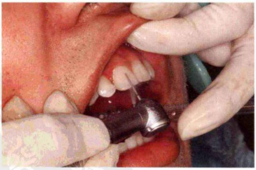
图Ⅲ 5-25　制备发育叶



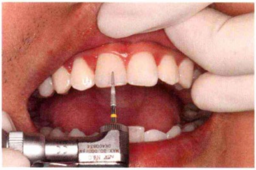
图Ⅲ 5-26　修复唇面

（10）修整外形及打磨抛光：

树脂修复后用高速金刚砂车针修整外形（图Ⅲ 5-27）、调整咬合；为了保证操作上的准确性，可以将高速细砂金刚砂车针通过转接头用慢速手机修整外形（图Ⅲ 5-28）。并选用粗砂片打磨外形、修整邻间隙（图Ⅲ 5-29）。再选用各种细石抛光片（图Ⅲ 5-30）抛光轮、抛光尖抛光（图Ⅲ 5-31）。邻面用sof-Lex抛光条打磨抛光邻面（图Ⅲ 5-32，Ⅲ 5-33）。

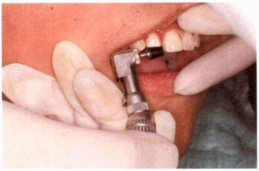


图Ⅲ 5-27　高速金刚砂车针修整



图Ⅲ 5-28　慢速金刚砂车针修整

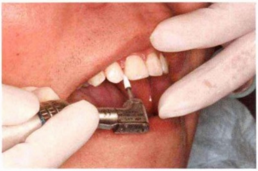
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



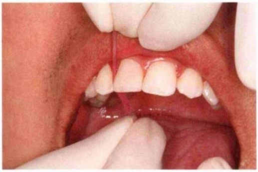
图Ⅲ 5-29　粗砂片打磨



图Ⅲ 5-30　细砂片打磨



图Ⅲ 5-31　抛光尖抛光



图Ⅲ 5-32　抛光远中邻面



图Ⅲ 5-33　抛光近中邻面

（11）术后片：

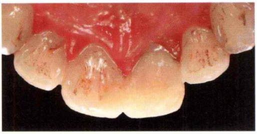


图Ⅲ 5-34　唇面观

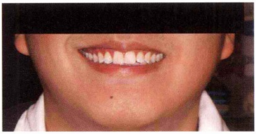


图Ⅲ 5-35　局部唇面观

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅲ 5-36　腭侧观



图Ⅲ 5-37　术后全貌
（南京大学口腔医学院　葛久禹）

病例Ⅲ -6

患者，女，21 岁，前牙外伤缺损要求修复。



图Ⅲ 6-1　11、21 外伤缺损，自诉无不适，检查无明显症状，牙髓活力测试正常



图Ⅲ 6-2　11、21 复合树脂多层修复完成牙体形态美学治疗，并嘱定期复查

（广东省口腔医院·南方医科大学附属口腔医院　方加铄）

病例Ⅲ -7

患者：女性，32 岁，左中切牙外伤，切角缺损要求修复。



图Ⅲ 7-1　21 切角缺损，自诉外伤 6 小时，检查 21 露髓，其他症状不明显



图Ⅲ 7-2　21 行根管治疗后，唇面不规则波浪状斜面

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅲ 7-3　21复合树脂多层修复完成牙体形态美学治疗

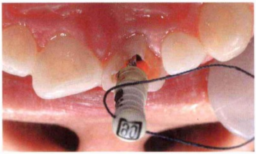
（广东省口腔医院·南方医科大学附属口腔医院　方加铄）

病例Ⅲ-8

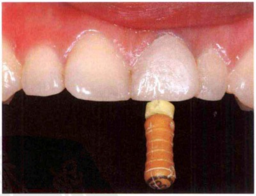
患者，女，25岁，前牙外伤缺损变色要求修复。



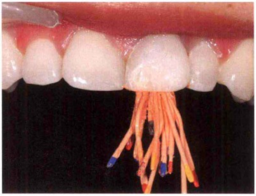
图Ⅲ 8-1　21外伤缺损变色、慢性根尖周炎术前



图Ⅲ 8-2　21去腐开髓，根管预备

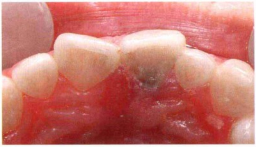


图Ⅲ 8-3　21保留腭侧面根管进路洞形，复合树脂即刻修复唇侧面，恢复牙体形态后根管封药



图Ⅲ 8-4　21择日完成根管充填及复合树脂多层修复

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅲ 8-5　21 复合树脂多层修复术后（腭侧观）



图Ⅲ 8-6　21 复合树脂多层修复术后（唇侧观）

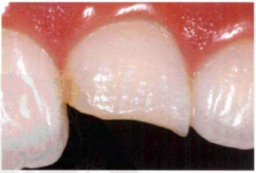
（广东省口腔医院·南方医科大学附属口腔医院　方加铄）

病例Ⅲ -9

患者女性，19岁，以左上前牙外伤致冠折9年来诊（图Ⅲ 9-1），要求修复缺损患牙，无不适症状。检查：21牙冠切1/2缺损（图Ⅲ 9-2），牙本质暴露（图Ⅲ 9-3）。探诊不敏感，未及露髓孔，叩痛（－），不松动，牙龈正常。牙髓活力测验正常，X线片示牙根及根尖周骨质正常。诊断：21冠折（未露髓）。治疗设计：21复合树脂直接粘结修复。



图Ⅲ 9-1　全口唇面观



图Ⅲ 9-2　患牙唇面观

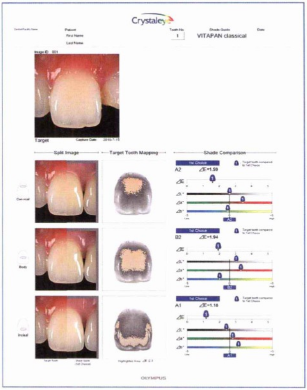


图Ⅲ 9-3　患牙腭面观

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

治疗步骤：

（1）邻牙比色：采用CrystalEye分光光度电子比色仪（Olympus，Japan）进行比色，邻牙11体部为Vita B2色（图Ⅲ9-4）。分别选定美于自然Venus复合树脂（Heraeus Kulzer，Germany）的OB2、B2及T2作为修复材料。酸蚀剂为Gluma Etch 35 Gel磷酸酸蚀剂（Heraeus Kulzer，Germany），粘结剂为iBond SE自酸蚀牙本质粘结剂（Heraeus Kulzer，Germany）。



图Ⅲ9-4 采用CrystalEye分光光度电子比色仪（Olympus，Japan）进行比色，邻牙11体部为Vita B2色

（2）橡皮障隔湿（图Ⅲ9-5，Ⅲ9-6）。



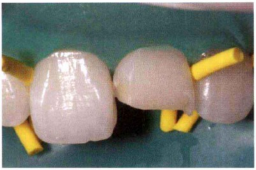
图Ⅲ9-5 橡皮障隔湿（唇侧）



图Ⅲ9-6 橡皮障隔湿（腭侧）

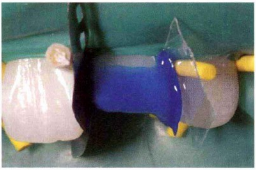
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

（3）牙体预备，制备洞斜面（图Ⅲ 9-7）。



图Ⅲ 9-7　制备洞斜面

（4）使用Gluma Etch 35 Gel磷酸酸蚀釉质（图Ⅲ 9-8），冲洗，吹干（图Ⅲ 9-9）。

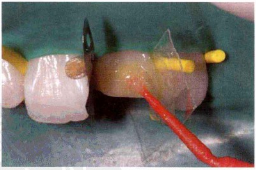


图Ⅲ 9-8　酸蚀牙釉质

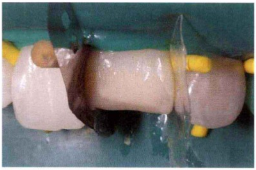


图Ⅲ 9-9　冲洗，吹干

（5）涂iBOND SE自酸蚀粘结剂（图Ⅲ 9-10），气枪吹薄，光照固化（图Ⅲ 9-11）。



图Ⅲ 9-10　涂iBOND SE自酸蚀粘结剂



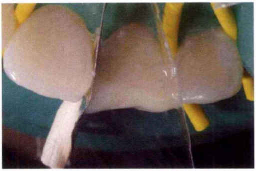
图Ⅲ 9-11　固化

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

（6）由腭侧开始堆塑美于自然 Venus OB2 树脂（图Ⅲ9-12，Ⅲ9-13）。



图Ⅲ9-12　由舌侧开始堆塑美于自然 Venus OB2 树脂

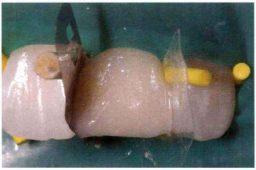


图Ⅲ9-13　由舌侧开始堆塑美于自然 Venus OB2 树脂

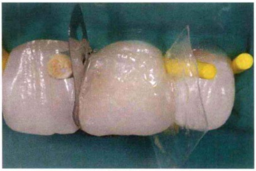
（7）在体部堆塑美于自然 Venus B2 树脂（图Ⅲ9-14）。

（8）在切端堆塑美于自然 Venus T2 树脂（图Ⅲ9-15），完成塑形（图Ⅲ9-16）。

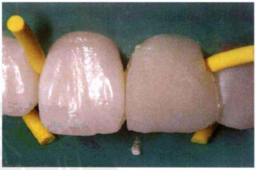
（9）修整外形（图Ⅲ9-17），调整咬合。



图Ⅲ9-14　体部堆塑



图Ⅲ9-15　切端堆塑



图Ⅲ9-16　塑形完成



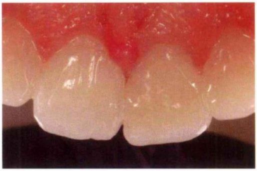
图Ⅲ9-17　修形

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

（10）抛光，修复完成（图Ⅲ9-18，图Ⅲ9-19）。



图Ⅲ9-18　抛光后（唇侧）



图Ⅲ9-19　抛光后（腭侧）

（11）术后效果（图Ⅲ9-20，Ⅲ9-21）。



图Ⅲ9-20　术后效果（局部）



图Ⅲ9-21　术后效果（全口）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

病例分析：

1. 本病例选择直接粘结复合树脂修复外伤所致中切牙缺损，主要基于如下因素：

1）患者为19岁年轻女性，仍在生长发育期，全冠等固定修复方式并非此阶段首选修复方法；

2）患牙虽有较大缺损，但牙髓活力正常，应尽力保护其活髓状态，因此直接粘结修复治疗应为首选治疗方法；

3）患牙虽经外伤9年，但基本未损及接触点，患牙无明显的移位，与对颌牙的相对位置也属正常，有足够间隙容纳修复材料，患牙的粘结修复条件尚好；

4）患牙邻牙的牙色属正常（B2），较容易选用与其相匹配的复合树脂材料来修复患牙的缺损；

5）复合树脂直接粘结修复方法尽可能地保留患牙的健康牙体组织，侵入性较小，且治疗较为快捷和经济。

2. 粘结修复中首先使用牙本质色的OB2树脂恢复患牙的腭侧部分，目的是利用OB2树脂良好的遮光性模拟出牙本质的质地，同时起到遮蔽口腔中暗黑色的作用，然后再用B2树脂堆砌出大部分牙体形态以恢复牙体外形，最后使用具有半透明效果的T2树脂模拟切端处的半透明质地，术后效果较好。

（北京大学口腔医学院　沈　嵩）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

Ⅳ. 前牙间隙复合树脂修复

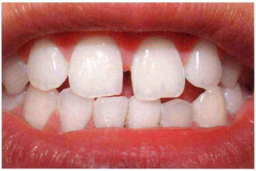
病例Ⅳ-1

患者，王某，女，25岁，11、21间隙过大，曾考虑做全冠及瓷贴面修复，但因不愿磨除过多牙体组织，选择树脂修复关闭前牙间隙（图Ⅳ 1-1，Ⅳ 1-2）。

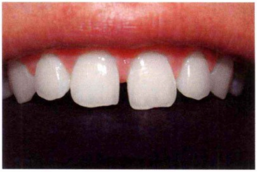
治疗步骤：

（1）清洁牙面（图Ⅳ 1-3）。

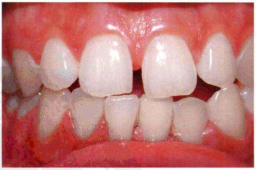
（2）比色（图Ⅳ 1-4）。



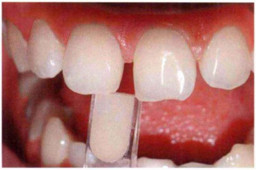
图Ⅳ 1-1　术前自然观



图Ⅳ 1-2　治疗前11、21间隙约2mm影响美观



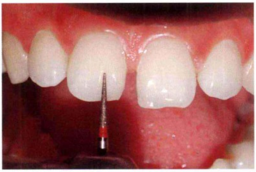
图Ⅳ 1-3　上开口器，清洁及牙面抛光后



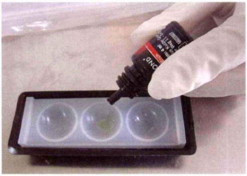
图Ⅳ 1-4　比色，自然光下选择A2修复体部釉质层

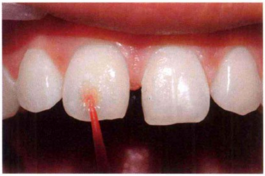
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

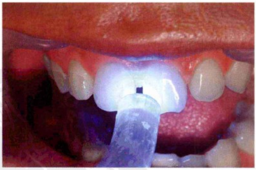
（3）牙面预备（图Ⅳ 1-5）。
（4）涂布酸蚀剂（图Ⅳ 1-6）。
（5）涂布粘结剂（图Ⅳ 1-7～Ⅳ 1-8）。
（6）光照（图Ⅳ 1-9）。
（7）分层堆放树脂成形（图Ⅳ 1-10～Ⅳ 1-12）。
（8）修整外形（图Ⅳ 1-13，Ⅳ 1-14）。
（9）抛光（图Ⅳ 1-15～Ⅳ 1-18）。

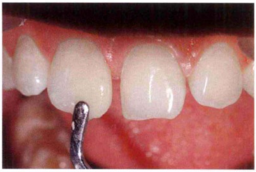

图Ⅳ 1-5　金刚砂车针行上中切牙近中间隙及唇侧牙体预备


图Ⅳ 1-6　涂布酸蚀剂，作用30秒，流动水冲洗吹干

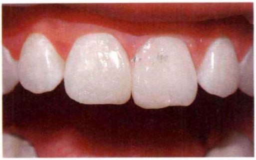

图Ⅳ 1-7　将粘结剂iBOND SE滴入容器内，可根据缺损大小适量增减用量


图Ⅳ 1-8　用一次性棉棒涂自酸蚀粘结剂

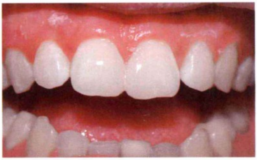

图Ⅳ 1-9　用光固化机照射20秒


图Ⅳ 1-10　分层修复釉质层

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅳ 1-11　釉质层修复完成



图Ⅳ 1-12　选择T2完成切端修复



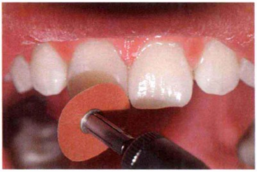
图Ⅳ 1-13　金刚砂车针行上前牙唇面外形修整



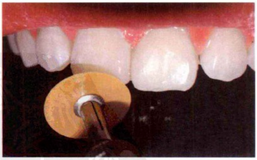
图Ⅳ 1-14　唇面外形修整完成



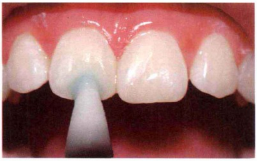
图Ⅳ 1-15　邻面抛光



图Ⅳ 1-16　唇面抛光（一）



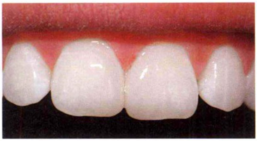
图Ⅳ 1-17　唇面抛光（二）



图Ⅳ 1-18　完成修复，用橡皮轮和抛光膏抛光

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

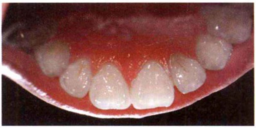
（10）完成（图Ⅳ 1-19～Ⅳ 1-22）。



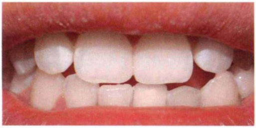
图Ⅳ 1-19　修复完成唇面观（一）



图Ⅳ 1-20　修复完成唇面观（二）



图Ⅳ 1-21　修复完成腭侧观



图Ⅳ 1-22　修复完成后唇面自然观

（11）评估：术前医生询问了患者的年龄、职业等问题，术中医生依据患者的五官、嘴唇、牙齿外形、性别等情况进行精心的个性化设计。保证所选择的树脂与患牙颜色相近符合美学要求，牙列中线和面中线平行一致，微笑时上牙切端和下唇缘相平行，以此增加微笑时嘴角的平衡性，使修复后的牙齿变得更漂亮。

修复完成后患者对牙齿的色泽及外形满意，觉得和自然牙相近。术后半个月，针对逼真美观、坚固耐磨、色泽是否近似于自然牙、对口腔组织刺激性、是否便于清洁、能否恢复牙齿功能等问题对患者再次进行电话回访，患者均表示非常满意。

（中国医科大学口腔医学院　于静涛）

病例Ⅳ -2

患者，男性，21岁，上颌双侧侧切牙先天缺失，13、11、21、23间存在间隙，影响美观，患者要求修复治疗。检查：上前牙牙体完整，叩诊（－），冷热诊（－），探诊（－），无松动，牙周状况、咬合关系良好。与患者沟通，建议采取复合树脂直接充填关闭前牙间隙，患者表示同意治疗方案。

治疗步骤：

（1）修复前准备：牙面清洁，去除表面色素及软垢。

（2）比色：在自然光下，使用美于自然双色体系比色板进行比色，以邻牙为参照，分别选取美于自然Venus牙本质OA2和釉质色A2色，年轻患者牙体透明度较好，切端选用T1色。

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

多色树脂充填修复可使修复后牙面层次感强，美观性和通透性更好。

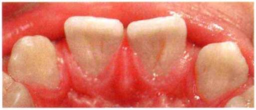
（3）牙体预备：使用橡皮障隔湿。为充填后获得良好的固位效果，在11、13、21、23近远中面及唇侧切端磨除一薄层釉质，并注意牙体弧度的保持。腭面保持原态，无需进行预备。

（4）粘结：橡皮障隔湿，使用iBOND SE自酸蚀粘结剂，涂布所有唇面及邻面牙体20秒，气枪轻吹2～5秒，光照固化20秒。该粘结剂使用前无需混合，操作简单，节省临床操作时间的同时大大降低技术敏感性。

（5）充填：使用美于自然Venus树脂材料。首先，利用牙本质色树脂关闭患牙11、21间隙。用牙本质色树脂模拟侧切牙形态，进行13、23的形态改形重建。按照分层充填原则，进行牙体近远中面充填，关闭相邻牙之间间隙，并注意模拟牙本质生长叶形态。然后，使用釉质色树脂覆盖整个牙面，恢复牙的外形。最后，使用切端色树脂修复切端，以增加切端的透明度。



图Ⅳ 2-1　术前片



图Ⅳ 2-2　术前腭侧



图Ⅳ 2-3　比色



图Ⅳ 2-4　橡皮障隔湿



图Ⅳ 2-5　备斜面



图Ⅳ 2-6　涂布粘结剂



图Ⅳ 2-7　用聚丙烯薄膜成形片辅助腭侧成形



图Ⅳ 2-8　依次充填关闭间隙

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

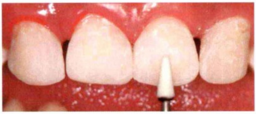


图Ⅳ 2-9　充填后

（6）外形修整：使用金刚砂粗车针对修复体表面进行形态修整，使用金刚砂细车针对修复体龈缘部分进行精细调整，尤其注意牙体转角处自然过渡。

（7）抛光：使用抛光碟系列对修复体表面进行由粗至细的抛光，并注意表面弧度及转角处的精细修整。使用抛光膏及抛光头对修复体进行进一步完善，达到良好的光泽度，减少菌斑和色素的沉积可能。

（8）术后：嘱咐患者少用前牙咬食硬物，并尽量减少有色食物及饮料的摄入。



图Ⅳ 2-10　修整外形



图Ⅳ 2-11　间隙修整



图Ⅳ 2-12　腭侧修整抛光



图Ⅳ 2-13　抛光碟粗抛光



图Ⅳ 2-14　抛光碟细抛光



图Ⅳ 2-15　间隙抛光

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅳ 2-16　完成后



图Ⅳ 2-17　完成后（腭侧）

（武汉大学口腔医学院　李秋慧　指导教师　闫　萍）

临床意义：

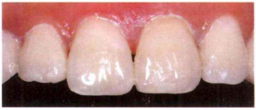
采用复合树脂直接关闭前牙间隙，可在尽可能保留牙体组织的前提下快速获得美观效果，此种案例推荐复合树脂直接修复为首选方法。

病例Ⅳ-3

患者，女性，22岁，中切牙间隙要求修复。



图Ⅳ 3-1　中切牙间隙修复术前



图Ⅳ 3-2　中切牙间隙修复术后

（南方医科大学附属口腔医院　方加铄）

病例Ⅳ-4

患者，女性，26岁，中切牙间隙要求修复。



图Ⅳ 4-1　中切牙间隙修复术前



图Ⅳ 4-2　中切牙间隙修复术后

（南方医科大学附属口腔医院　方加铄）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

病例Ⅳ-5

患者，女性，32岁，中切牙间隙要求修复。



图Ⅳ5-1　中切牙间隙修复术前



图Ⅳ5-2　中切牙间隙修复术后

（南方医科大学附属口腔医院　方加铄）

病例Ⅳ-6

患者，女性，32岁，右中切牙缺失要求修复。



图Ⅳ6-1　右中切牙缺失，间隙宽，修复术前



图Ⅳ6-2　右侧切牙充填为中切牙并关闭间隙，修复术后

（南方医科大学附属口腔医院　方加铄）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注

V. 后牙复合树脂修复

病例 V -1

复合树脂充填后牙 I 类洞

患者，男，23岁，自觉后牙变黑，怀疑有蛀牙，求治，要求治疗。检查：36 𬌗面窝洞存，叩诊（-）、探诊（±）、松（-）、冷水（±）。37 可见𬌗面窝沟变色，探入有卡住感，叩诊（-）、探诊（-）、松（-）、冷水（-）。诊断：36 中龋，37 浅龋。治疗计划：36、37 复合树脂直接修复。

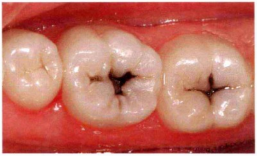


图 V 1-1　术前（36 中龋，37 浅龋）

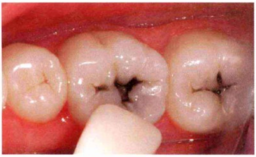


图 V 1-2　比色（A2 色）

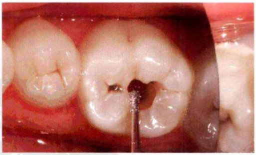
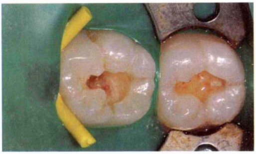


图 V 1-3　微创金刚砂车针（梨形）去除釉质龋坏，进入窝洞



图 V 1-4　微创金刚砂车针（球形）去除窝洞侧壁和底部龋坏组织

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅴ 1-5　橡皮障隔湿，去除龋坏后𬌗面观



图Ⅴ 1-6　整个窝洞内涂布自酸蚀粘结剂，光照20秒



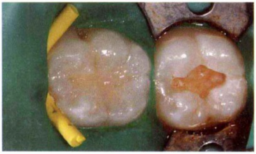
图Ⅴ 1-7　树脂分层充填，选用A3色充填窝洞深部



图Ⅴ 1-8　选用（OA2色）逐层充填窝洞体部（在比色基础上加一色度）



图Ⅴ 1-9　选用A2树脂充填釉质层，充填器雕刻𬌗面窝沟形态



图Ⅴ 1-10　36充填完毕后𬌗面观



图Ⅴ 1-11　37采用全酸蚀粘结技术，酸蚀窝洞20秒



图Ⅴ 1-12　冲洗后，轻吹窝洞，涂布粘结剂

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



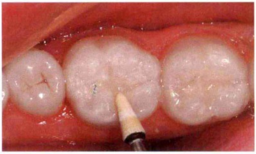
图Ⅴ1-13　复合树脂分层充填37窝洞（OA2色）



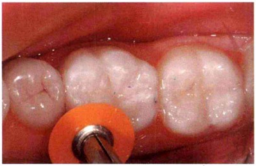
图Ⅴ1-14　使用A2色树脂充填37釉质层，36、37充填完毕



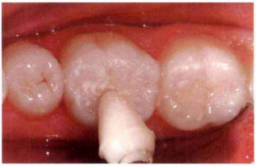
图Ⅴ1-15　检查咬合情况



图Ⅴ1-16　修整外形，消除咬合高点



图Ⅴ1-17　抛光碟抛光

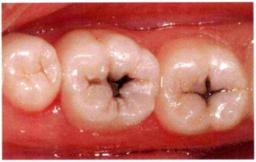


图Ⅴ1-18　橡皮尖精细抛光窝沟

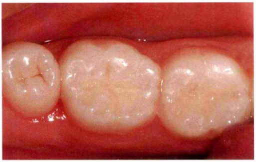


图Ⅴ1-19　36、37术后殆面观

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅴ1-20 术前



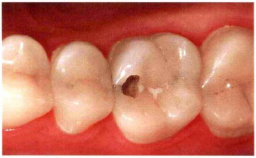
图Ⅴ1-21 术后对比

（武汉大学口腔医学院 李秋慧 陈 智）

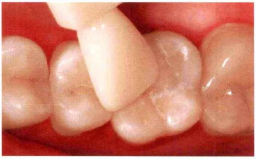
病例Ⅴ-2

复合树脂充填后牙Ⅱ类洞

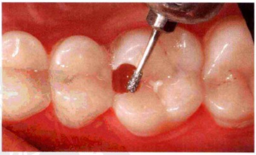
患者，男，23岁，自觉后牙有洞，进食有卡塞感，偶有冷热酸甜不适，今来我院求治，要求治疗。检查：26 𬌗面龋洞，叩诊（-）、探诊（+）、松（-）、冷水（+）。诊断：26深龋。治疗计划：26树脂直接充填修复。



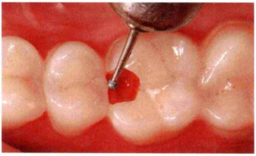
图Ⅴ2-1 术前𬌗面观（25 𬌗面近中边缘变色，26 𬌗面龋洞）



图Ⅴ2-2 比色（A2色）

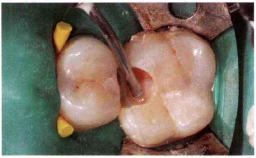


图Ⅴ2-3 微创金刚砂车针（梨形）去除釉质龋坏，进入窝洞

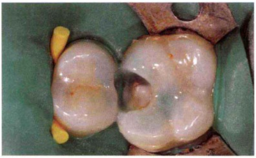


图Ⅴ2-4 微创金刚砂车针（球形）去除窝洞侧壁和底部龋坏组织

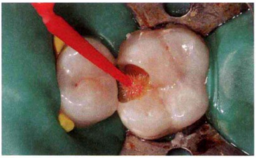
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图V 2-5　在窝洞内近髓区域使用光固化Ca (OH)$_2$衬洞，光照10秒



图V 2-6　选择性酸蚀窝洞釉质边缘，增加粘结强度



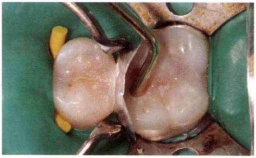
图V 2-7　涂布自酸蚀粘结剂，光照20秒



图V 2-8　使用OA3色充填窝洞近中壁



图V 2-9　形成近中壁，转变Ⅱ类洞为Ⅰ类洞



图V 2-10　树脂分层充填，选用OA3色充填窝洞深部，OA2色充填窝洞体部

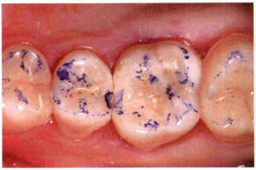


图V 2-11　A2色树脂充填釉质层，雕刻船面窝沟形态

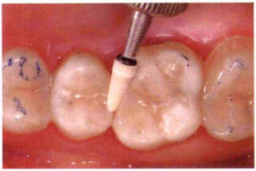


图V 2-12　充填完毕

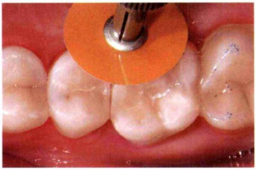
公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



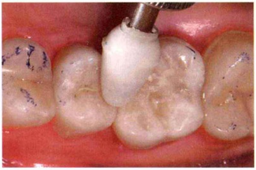
图Ⅴ2-13　检查咬合情况



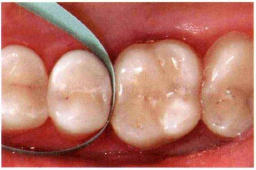
图Ⅴ2-14　修形，磨除咬合高点



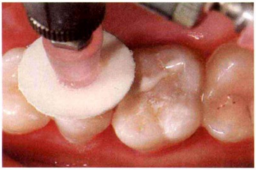
图Ⅴ2-15　抛光碟抛光



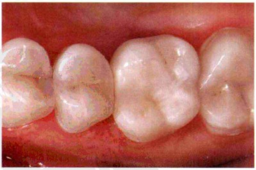
图Ⅴ2-16　橡皮尖抛光窝沟



图Ⅴ2-17　抛光条对25、26邻面进行抛光

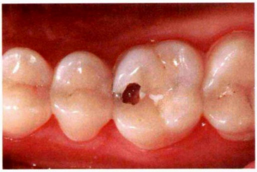


图Ⅴ2-18　绒布轮和抛光膏抛光



图Ⅴ2-19　术后𬌗面观，达到接近自然牙的形态和高光泽度

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注



图Ⅴ 2-20　术前



图Ⅴ 2-21　术后对比

（武汉大学口腔医学院　李秋慧　陈　智）

公众号里每天更新正畸、修复等临床操作视频
口腔视频，微信公众号里搜索qzkqsp1（茄子口腔视频1首字母）即可关注